

CAI
XC 40
-2010
N16



HOUSE OF COMMONS
CANADA

Government
Publications

THE NATIONAL RESEARCH UNIVERSAL REACTOR SHUTDOWN AND THE FUTURE OF MEDICAL ISOTOPE PRODUCTION AND RESEARCH IN CANADA

Report of the Standing Committee on Natural Resources

**Leon Benoit, MP
Chair**

NOVEMBER 2010

40th PARLIAMENT, 3rd SESSION



Published under the authority of the Speaker of the House of Commons

SPEAKER'S PERMISSION

Reproduction of the proceedings of the House of Commons and its Committees, in whole or in part and in any medium, is hereby permitted provided that the reproduction is accurate and is not presented as official. This permission does not extend to reproduction, distribution or use for commercial purpose of financial gain. Reproduction or use outside this permission or without authorization may be treated as copyright infringement in accordance with the *Copyright Act*. Authorization may be obtained on written application to the Office of the Speaker of the House of Commons.

Reproduction in accordance with this permission does not constitute publication under the authority of the House of Commons. The absolute privilege that applies to the proceedings of the House of Commons does not extend to these permitted reproductions. Where a reproduction includes briefs to a Standing Committee of the House of Commons, authorization for reproduction may be required from the authors in accordance with the *Copyright Act*.

Nothing in this permission abrogates or derogates from the privileges, powers, immunities and rights of the House of Commons and its Committees. For greater certainty, this permission does not affect the prohibition against impeaching or questioning the proceedings of the House of Commons in courts or otherwise. The House of Commons retains the right and privilege to find users in contempt of Parliament if a reproduction or use is not in accordance with this permission.

Additional copies may be obtained from: Publishing and Depository Services
Public Works and Government Services Canada
Ottawa, Ontario K1A 0S5
Telephone: 613-941-5995 or 1-800-635-7943
Fax: 613-954-5779 or 1-800-565-7757
publications@tpsgc-pwgsc.gc.ca
<http://publications.gc.ca>

Also available on the Parliament of Canada Web Site
at the following address: <http://www.parl.gc.ca>

**THE NATIONAL RESEARCH UNIVERSAL
REACTOR SHUTDOWN AND THE FUTURE OF
MEDICAL ISOTOPE PRODUCTION AND
RESEARCH IN CANADA**

**Report of the Standing Committee on
Natural Resources**

**Leon Benoit, MP
Chair**

NOVEMBER 2010

40th PARLIAMENT, 3rd SESSION



Digitized by the Internet Archive
in 2023 with funding from
University of Toronto

<https://archive.org/details/31761119724177>

STANDING COMMITTEE ON NATURAL RESOURCES

CHAIR

Leon Benoit

VICE-CHAIRS

Nathan Cullen

Alan Tonks

MEMBERS

Mike Allen

David Anderson

Scott Andrews

Paule Brunelle

Hon. Denis Coderre

Cheryl Gallant

Richard M. Harris

Roger Pomerleau

Devinder Shory

OTHER MEMBERS OF PARLIAMENT WHO PARTICIPATED

Hon. Navdeep Bains

France Bonsant

Claude Guimond

Russ Hiebert

Hon. Geoff Regan

Brad Trost

CLERK OF THE COMMITTEE

Andrew Lauzon

LIBRARY OF PARLIAMENT

Parliamentary Information and Research Service

Jean-Luc Bourdages, Analyst

Mohamed Zakzouk, Analyst

THE STANDING COMMITTEE ON NATURAL RESOURCES

has the honour to present its

SECOND REPORT

Pursuant to its mandate under Standing Order 108(2), and the motion adopted by the Committee on Tuesday, March 16, 2010, the Committee has studied the status of the NRU reactor and the supply of medical isotopes and has agreed to report the following:

TABLE OF CONTENTS

INTRODUCTION.....	1
THE SHUTDOWN OF THE NATIONAL RESEARCH UNIVERSAL REACTOR.....	3
MEDICAL AND RESEARCH IMPLICATIONS OF THE NATIONAL RESEARCH UNIVERSAL REACTOR SHUTDOWN	7
A. Medical Implications	7
B. Global Supply and Demand.....	9
C. Research Implications	14
ALTERNATIVE PROCEDURES AND SUPPLY OPTIONS	17
A. Alternative Medical Procedures	18
B. Potential Supply Options in Canada	21
New Multi-Purpose Research Reactor	22
The MAPLE Reactors	23
The McMaster Nuclear Reactor	25
Cyclotrons.....	25
Linear Accelerators.....	26
<i>Photo-fission Option</i>	26
<i>Molybdenum-100 Transmutation Option</i>	27
C. Suppliers outside Canada.....	28
THE FEDERAL GOVERNMENT'S RESPONSE TO THE SHUTDOWN OF THE NATIONAL RESEARCH UNIVERSAL REACTOR	31
APPENDIX A: LIST OF WITNESSES – 40 th Parliament, 2 nd Session.....	33
APPENDIX B: LIST OF WITNESSES – 40 th Parliament, 3 rd Session	37
APPENDIX C: LIST OF BRIEFS – 40 th Parliament, 2 nd Session.....	39
REQUEST FOR GOVERNMENT RESPONSE	41
SUPPLEMENTARY OPINION OF THE CONSERVATIVE PARTY OF CANADA.....	43

INTRODUCTION

Following the unexpected shutdown of the National Research Universal (NRU) reactor at Atomic Energy of Canada Limited's (AECL) Chalk River laboratories in Eastern Ontario on May 14, 2009, the House of Commons Standing Committee on Natural Resources (hereafter the Committee) held several meetings with the purpose of examining the consequences of the shutdown in Canada and abroad. After approximately 15 months of repair activities, the reactor was restarted on August 17, 2010. This report summarizes the Committee's study and presents recommendations to the Government of Canada regarding medical isotope production, supply and research in Canada, including alternatives to medical isotopes.

The NRU reactor, which first came on stream in November 1957, serves three purposes:

- 1) The production of industrial and medical radioisotopes, used to diagnose and treat various diseases including cancer and heart disease.
- 2) Neutron beam research, which has contributed to advances in medical, scientific and industrial fields.
- 3) Engineering research and development support for Canada Deuterium Uranium (CANDU)¹ power reactors.²

The NRU has the capacity to be the largest global supplier of medical isotopes, and is one of the world's few reactors available for research and commercial use. It receives over 200 professors, students and industrial researchers annually, and, according to Dr. Dominic Ryan of the Canadian Institute for Neutron Scattering, has contributed to "50 years of Canadian leadership in nuclear science and technology".³ Following the NRU shutdown, the Expert Review Panel on Medical Isotope Production (hereafter the Expert Panel) was established by the Ministers of Natural Resources and Health to examine ideas and proposals regarding the production of medical isotopes. The Expert Panel presented its final report to the government on November 30, 2009.

This is not the first time that the NRU reactor has been shut down unexpectedly. In December 2007, the Canadian Nuclear Safety Commission (CNSC) shut down the reactor

1 CANDU reactors are Canadian-designed nuclear power reactors that are fuelled by natural uranium and use heavy water as a moderator and coolant.

2 AECL, "Nuclear Science — National Research Universal Profile," n.d., <http://www.aecl.ca/Science/CRL/NRU.htm>.

3 Dominic Ryan, Canadian Institute for Neutron Scattering, *Evidence*, June 16, 2009.

due to non conformity of safety measures, which triggered concerns about a possible global shortage in medical isotopes. The Parliament of Canada intervened by adopting a special bill that forced the return of the NRU reactor to service.

Table 1 presents the operating and capital costs of the NRU reactor in 2000/01, 2004/05 and 2008/09, as provided by AECL.

Table 1—NRU Operating and Capital Expenditures

	Actual (millions \$)		
	2000 / 01	2004 / 05	2008 / 09
<u>Operating Expenditures</u>			
Labour Costs (operation and monitoring, fuelling, maintenance and upgrading, troubleshooting and repair, etc.)	15.8	20.1	32.3
Other Expenditures (reactor fuel, materials and equipment, waste management, etc.)	8.8	11.2	25.6
Total Operating Expenditures	24.6	31.3	57.8
Total Capital Expenditures			
(experimental system within the reactor planned for ACR fuel qualification)	-	-	7.1
Total Expenditures	24.6	31.3	64.9

Source: Document presented to the Committee on October 20, 2009 by Serge Dupont, Special Advisor to the Minister of Natural Resources on Nuclear Energy Policy.

Prior to the NRU reactor outage, the federal government has been considering the restructuring of AECL, and there have been various inquiries regarding the overall state of the nuclear industry. While this report focuses on the NRU reactor shutdown and the consequential isotope shortage, these wider considerations have implications on medical research and the production of medical isotopes in Canada. Based on a wide-range of Canadian and international expertise, the report concludes the Committee's hearings on the subject to-date.

THE SHUTDOWN OF THE NATIONAL RESEARCH UNIVERSAL REACTOR

On May 14, 2009, the NRU reactor shut down automatically due to a power outage. Subsequently, a heavy-water leak at 5 kilograms per hour was discovered, leading AECL to extend the shutdown until the problem was resolved. The leak was a result of corrosion at the base of the reactor's vessel. AECL testified that the heavy water was captured and stored in drums, and posed no health or safety risk to the public or the environment.⁴ In addition, some evaporation from the leak resulted in tritium air emissions at levels "well below CNSC regulatory limits".⁵

Following a repair process that lasted approximately 15 months, AECL reported on August 17, 2010 that the testing on the NRU reactor was complete, and that the reactor had started operating "at high power and could begin to create medical isotopes". On August 18, 2010, the first Molybdenum-99 (Mo-99) isotope following the restart was harvested from the NRU reactor. Finally, on August 25, 2010, AECL reported that the reactor had resumed "full production of medical isotopes".⁶

In order to return the NRU reactor to service, AECL was faced with an unprecedented technical challenge since all inspection and repair activities in the reactor vessel had to be carried out by remote tooling through a 12-centimeter aperture, nine meters away from the corroded surface.⁷ A three-phase program was established to carry out the NRU return-to-service plan:

- 1) Condition assessment of the reactor and selection of a repair technique.
- 2) Implementation of the repair strategy.
- 3) Return of the NRU reactor to service "with full oversight of the CNSC".

Figure 1 presents the NRU return-to-service plan.

4 William Pilkington, AECL, *Evidence*, June 4, 2009.

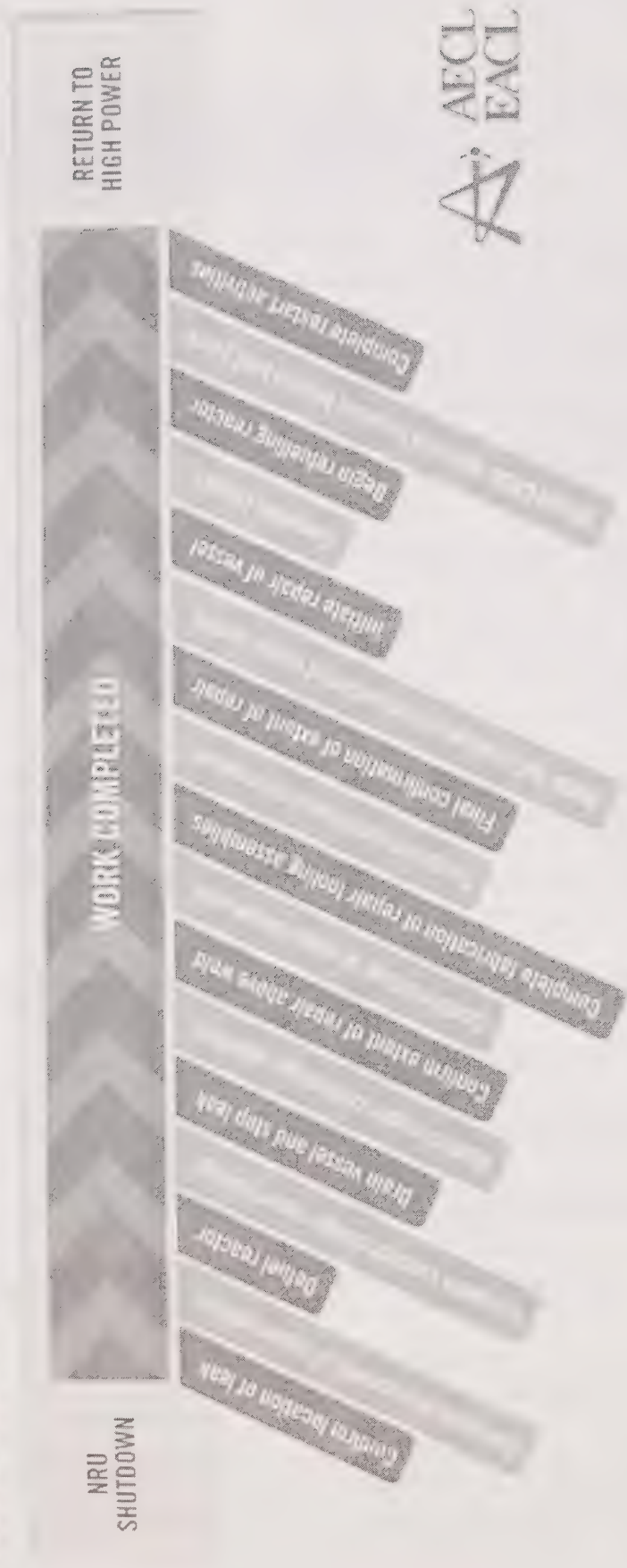
5 Michael Binder, CNSC, *Evidence*, June 4, 2009.

6 Chalk River Information Bulletins, AECL, http://www.aecl.ca/NewsRoom/Community_Bulletins.htm.

7 William Pilkington, AECL, *Evidence*, October 19, 2009.

Figure 1: NRU Return to Service Plan

NRU Return to Service Plan



According to Hugh MacDiarmid, President and Chief Executive Officer of AECL, the unprecedented NRU repair operation was impeded by several technical problems, particularly in the inspection, analysis and understanding of irradiated metal behaviour, and in the measurement and evaluation of stress on the structure of the reactor vessel.⁸ Refuelling the reactor required the approval of the CNSC, which, according to William Pilkington, Senior Vice-President and Chief Nuclear Officer of AECL,⁹ was facilitated by the *Protocol for the Restart of the NRU Reactor* whose purpose was to establish the administrative framework, milestones and service standards for the licensing activities related to the restart of the NRU reactor.¹⁰

The 52-year-old NRU reactor had its vessel replaced only once between 1972 and 1974, and the current vessel, according to Mr. Pilkington, “has been inspected several times and has been deemed to be continuing to be fit for service for an extended period into the future”.¹¹ Reactors can be refurbished and maintained with no set lifetime;¹² however, their cost of servicing and vulnerability rises with age.¹³ On March 30, 2010, Mr. MacDiarmid informed the Committee that the remainder of the NRU repairs, through the end of July 2010, would cost approximately \$44 million in addition to the \$72 million already provided by the federal government in the 2009-2010 Supplementary Estimates.¹⁴ The repairs are expected to allow the reactor to operate reliably beyond 2016.¹⁵ The NRU is licensed to operate until October 2011; however, Mr. MacDiarmid indicated that AECL is working with the CNSC to extend the licence to 2016.¹⁶

In order to gain a more thorough understanding of the issues facing the NRU reactor shutdown and repair, the Committee conducted a visit to the Chalk River Facilities on April 13, 2010. During the visit, the members of the Committee had the opportunity to visit the NRU reactor and the Multipurpose Applied Physics Lattice Experiment (MAPLE) reactors.

RECOMMENDATION 1:

Considering the evidence presented to the Committee regarding the unexpected shutdown of the National Research Universal (NRU) reactor, the Committee recommends that the Government of Canada continue to support the NRU reactor and its return to service, and

8 Hugh MacDiarmid, AECL, *Evidence*, March 30, 2010.

9 William Pilkington, AECL, *Evidence*, October 19, 2009.

10 “AECL-CNSC Protocol,” AECL: <http://www.nrucanada.ca/en/home/projectrestart/aeclcnsccprotocol.aspx>.

11 William Pilkington, AECL, *Evidence*, August 21, 2009.

12 Michael Binder, CNSC, *Evidence*, June 4, 2009.

13 Serge Dupont, Natural Resources Canada, *Evidence*, June 2, 2009.

14 Hugh MacDiarmid, AECL, *Evidence*, March 30, 2010.

15 William Pilkington, AECL, *Evidence*, October 19, 2009.

16 Hugh MacDiarmid, AECL, *Evidence*, June 4, 2009.

provide all necessary support, financial and otherwise, to ensure that the NRU reactor licence is renewed until 2016.

RECOMMENDATION 2:

The Committee also recommends that the Government of Canada instruct Atomic Energy of Canada Limited to produce a report on the shutdown and repair procedures in order to facilitate better planning and faster return to service times in the event of another unexpected shutdown.

MEDICAL AND RESEARCH IMPLICATIONS OF THE NATIONAL RESEARCH UNIVERSAL REACTOR SHUTDOWN

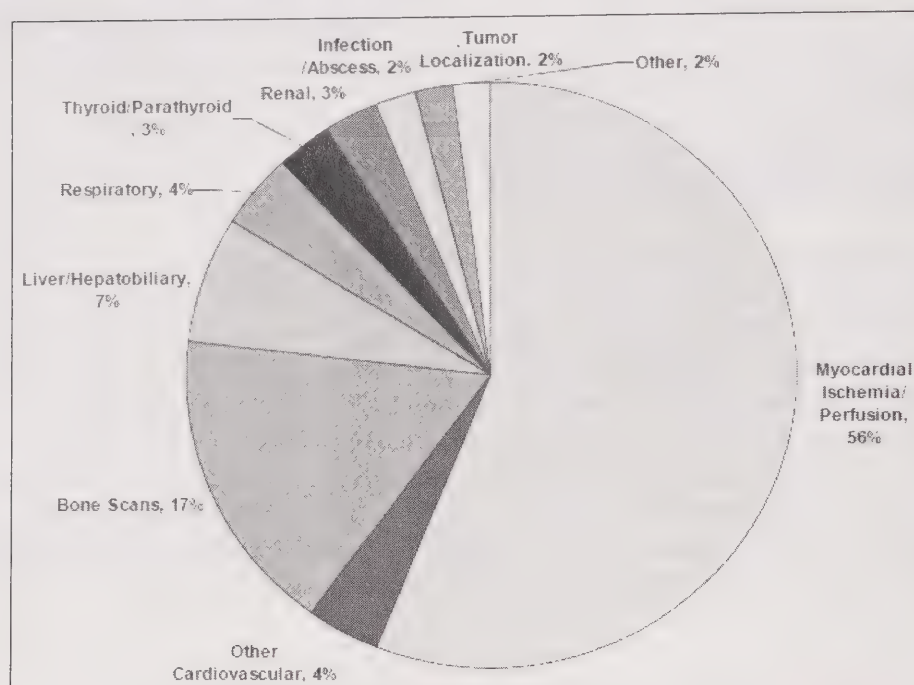
A. Medical Implications

The unscheduled shutdown of the NRU reactor triggered a global shortage in nuclear medical isotopes (mainly Mo-99), creating a problematic situation particularly from a medical standpoint. Technetium-99m (Tc-99m), which is derived from Mo-99, is used for about 82% of diagnostic radiopharmaceutical injections—primarily cardiac imaging, bone scans to detect cancers, and general organ scans.¹⁷ When injected into the body, low doses of radioisotopes emit energy that can be captured externally to produce a diagnostic image, hence allowing for an earlier and more complete diagnosis than external imaging procedures. In the case of cancer, radioisotopes are also used therapeutically by emitting energy to target and kill diseased cells.¹⁸ Figure 2 demonstrates the predominance of Tc-99m in the 2006 composition of nuclear medical procedures in Canada.

17 Meena Ballantyne, Health Products and Food Branch, Health Canada, *Evidence*, June 2, 2009; and Cyrille Villeneuve, Lantheus Medical Imaging, *Evidence*, March 25, 2010.

18 Medical Isotopes, *Frequently Asked Questions*, March 12, 2008, <http://www.medicalisotopes.org/faq.html>.

Figure 2—Composition of Nuclear Medical Procedures where Technetium-99m is Predominant, 2006



Source: Natural Resources Canada.

The isotope shortage limited diagnostic testing, not therapy, and as a result, affected mostly cancer patients whose early and reliable diagnosis is critical.¹⁹ Following the shutdown, Canada initially experienced an average shortage of about 30%. However, this figure increased to about 60% when the Petten reactor in the Netherlands shut down temporarily in February 2010.²⁰

The isotope shortage varied across Canada, since isotope supplies are managed by the provinces and territories and because the supply chain of isotopes is different in different parts of the country.²¹ According to Dr. Sandy McEwan, Special Advisor on Medical Isotopes to the Minister of Health, Lantheus is a bigger supplier of Tc-99m in the east than in the west, where Covidien handles most of the supply.²² Dr. McEwan also stated that the areas that appeared to have the most difficulty coping with the shortage were “small urban sites dependant either upon small radiopharmacies or upon a generator

19 Karen Gulenchyn, Department of Nuclear Medicine, Hamilton Health Sciences and St. Joseph's Healthcare Hamilton, *Evidence*, June 9, 2009.

20 Eric Turcotte, Molecular Imaging Centre of Sherbrooke, as an individual, *Evidence*, March 25, 2010.

21 Jean-Luc Urbain, Canadian Association of Nuclear Medicine, *Evidence*, June 9, 2009.

22 Sandy McEwan, Special Advisor on Medical Isotopes to the Minister of Health, as an Individual, *Evidence*, August 19, 2009.

being supplied to an individual hospital radiopharmacy”.²³ The shortage also resulted in economic losses in some areas. For example, by August 2009, the direct additional costs of medical isotopes to hospitals and clinics in Ontario due to the supply shortage were estimated to be in the order of \$1.7 million.²⁴

According to Dr. McEwan, the situation for patients was of “great concern”.²⁵ As Dr. Eric Turcotte of the Molecular Imaging Centre of Sherbrooke explained, the isotope shortage fluctuated on a daily basis, making it particularly challenging for medical practitioners to schedule radiopharmaceutical exams, even within a 24-hour period.²⁶ In order to maximize the quantity of technetium for patients, a number of nuclear medicine departments used alternative (and sometimes less effective) medical procedures to compensate for the supply shortage of Tc-99m. They also amended their schedules and were “forced to prioritize [patients], sometimes postponing exams and [...] even restricting the number of patients”.²⁷ Prioritizing patients based on urgency proved to be a difficult task, sometimes involving life-or-death cases.²⁸

B. Global Supply and Demand

Five government-owned reactors supply about 95% of the global demand for Mo-99: the NRU reactor, the Petten reactor in the Netherlands, the BR2 reactor in Belgium, the OSIRIS reactor in France, and the SAFARI reactor in South Africa. Several other smaller reactors provide isotopes for local and regional use with no major influence on the global supply chain.²⁹ Figure 3 presents the 2008 global market share of Mo-99m, by reactor.

23 Ibid.

24 Hon. David Caplan, Minister of Health and Long-Term Care, Government of Ontario, *Evidence*, August 21, 2009.

25 Sandy McEwan, Special Advisor on Medical Isotopes to the Minister of Health, as an Individual, *Evidence*, August 21, 2009.

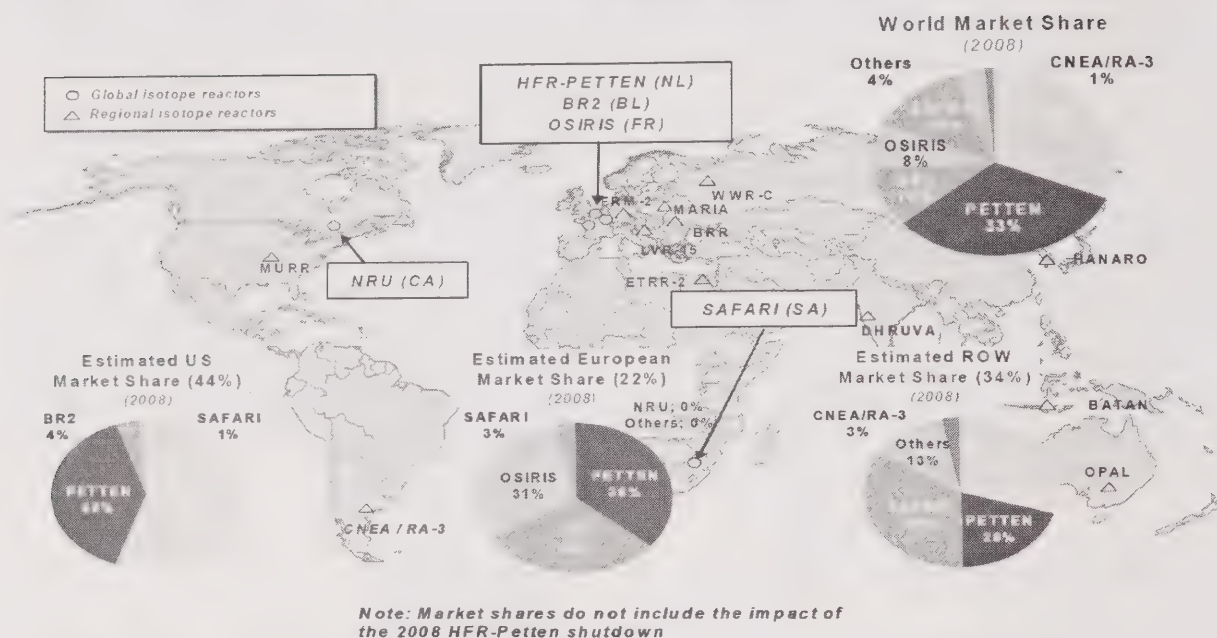
26 Eric Turcotte, Molecular Imaging Centre of Sherbrooke, as an individual, *Evidence*, March 25, 2010.

27 Cyrille Villeneuve, Lantheus Medical Imaging, *Evidence*, March 25, 2010.

28 Eric Turcotte, Molecular Imaging Centre of Sherbrooke, as an individual, *Evidence*, March 25, 2010.

29 Serge Dupont, Natural Resources Canada, *Evidence*, June 2, 2009.

Figure 3—2008 Global Market Share of Mo-99m



Source: Government of Canada Response to the Report of the Expert Review Panel on Medical Isotope Production, March 2010.

According to the *Ad hoc Interservice group of the European Commission's services on sufficiency in supply of radioisotopes for medical use*, the total number of Tc-99m diagnostic procedures "approached 30 million in the world in 2008, of which approximately 6-7 million in Europe, 12-15 million in North America, 6-8 million in Asia/Pacific (particularly Japan), and 0.5 million in other World regions".³⁰ About 30 to 40% of the isotope's global demand is normally supplied by the NRU reactor.³¹ According to AECL, "the medical isotopes created by the NRU benefit over 76,000 people every day and 27 million people every year, in more than 80 countries".³² In the United States, the NRU typically supplies about 50% of the country's isotope market.³³ Figure 4 presents the approximate demand for Mo-99/Tc-99m worldwide.

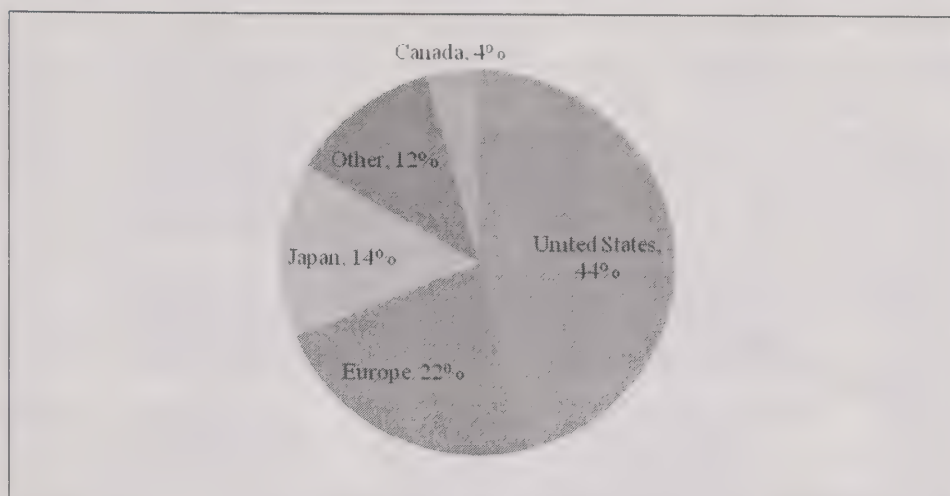
30 Ad hoc Interservice group of the European Commission's services on sufficiency in supply of radioisotopes for medical use, *Preliminary Report on Supply of Radioisotopes for Medical Use and Current Development in Nuclear Medicine*, October 30, 2009.

31 Serge Dupont, Natural Resources Canada, *Evidence*, June 2, 2009.

32 AECL, "Nuclear Science—Medical Isotopes," n.d., <http://www.aecl.ca/Science/CRL/NRU/Isotopes.htm>.

33 Robert Atcher, International Society of Nuclear Medicine, *Evidence*, August 21, 2009.

Figure 4—Approximate Global Demand for Molybdenum-99/Technetium-99m



Note: Totals may not sum, due to rounding.

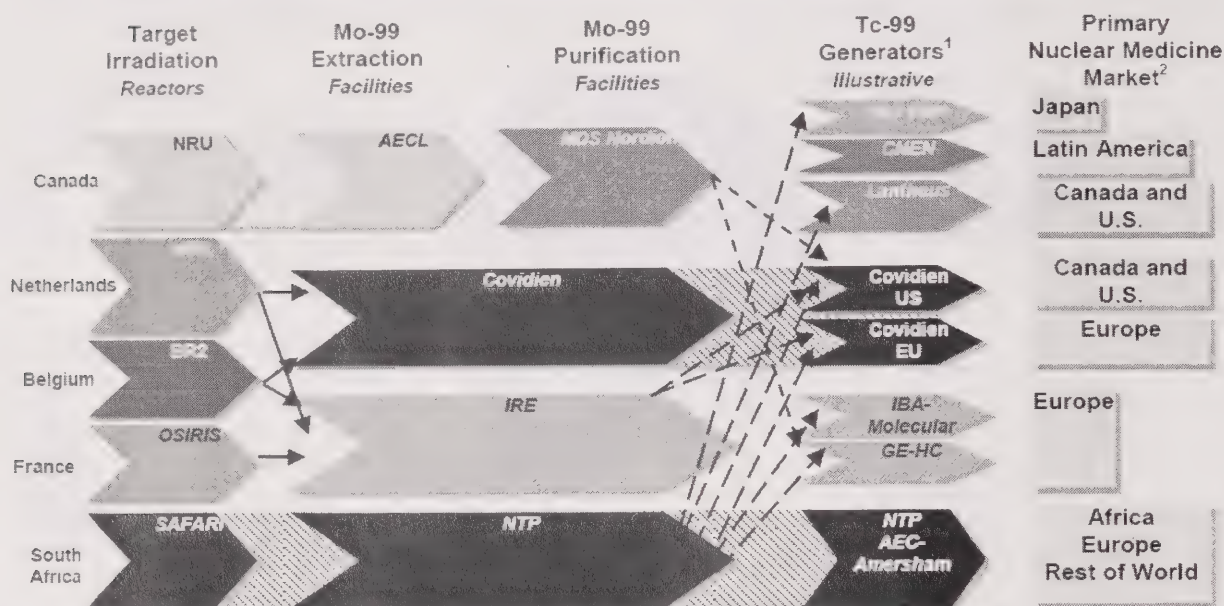
Source: Natural Resources Canada.

Throughout the supply chain, specific steps must be followed in face of a number of technical and regulatory challenges, which added to the complexity of responding to the global isotope shortage. After being processed at the NRU reactor, Mo-99, which has a half-life³⁴ of about 66 hours, is shipped to MDS Nordion in Kanata, approximately 23 kilometres southwest of Ottawa, to be extracted and purified. It must then be exported to the appropriate Tc-99m manufacturer in the United States or Japan since there are no manufacturers of Tc-99m in Canada. Exports to the United States are partly re-imported as Tc-99m generators for medical use in Canada. These generators are produced with a useful life of 10 to 14 days, and, as a result, must be shipped to hospitals and radiopharmacies within an appropriate timeframe. Tc-99m itself has a half-life of only six hours, and therefore cannot be stockpiled. All stages of the supply chain are also subject to nuclear and medical health and safety regulations.³⁵ Figure 5 demonstrates the global supply chain of Mo-99/Te-99m, including the Canadian supply chain.

34 Half-life is the time it takes for half of a given isotope to undergo radioactive decay. For example, Tc-99m, which has a half-life of six hours, loses half its radioactivity every six hours.

35 Serge Dupont, Natural Resources Canada, *Evidence*, June 2, 2009.

Figure 5—Global Supply Chain of Molybdenum-99/Technetium-99m



Source: Expert Review Panel on Isotope Production.

Since all reactors must undergo systematic outages for maintenance, there is a critical need for harmonization between isotope suppliers to maintain the global supply balance.³⁶ Representatives from the global reactors meet quarterly to schedule plant outages and discuss coordination concerns to minimize the impact of scheduled outages on the global supply.³⁷ According to Robert Atcher, former President of the International Society of Nuclear Medicine (SNM), the NRU reactor “has more excess capacity than the other four reactors,” and is therefore capable of making up for a “substantial percentage of the market supplies” whenever one of the other major reactors goes off-line.³⁸ Furthermore, the NRU design maximizes the production of medical isotopes because it has the ability to yield medical isotopes during scheduled maintenance and can be recharged and refuelled while in operation. As a result, the unexpected and prolonged outage of the NRU reactor caused a serious imbalance within an interdependent supply chain.³⁹

Future projections indicate that the production of medical isotopes needs to increase, even with the NRU reactor in operation. Tc-99m is a non-invasive technique with ever-growing applications, and the demand for it is rising worldwide due to the aging populations of Europe and North America and the growing use of medical isotopes in

36 Serge Dupont, Natural Resources Canada, *Evidence*, June 2, 2009.

37 Richard Côté, AECL, *Evidence*, October 19, 2009.

38 Robert Atcher, International Society of Nuclear Medicine, *Evidence*, August 21, 2009.

39 Serge Dupont, Natural Resources Canada, *Evidence*, June 2, 2009.

emerging countries.⁴⁰ Experts predict a firm annual demand of about 30 million Tc-99m procedures over at least the next 10 years.⁴¹

Some witnesses indicated that the NRU shutdown was potentially threatening the sustainability of Canada's expertise in the field of nuclear medicine, which may compromise the country's future role in the field. On October 19, 2009, Dr. Jean-Luc Urbain, President of the Canadian Association of Nuclear Medicine, told the Committee that "the enrolment of students, mainly technologists and physicians, in nuclear medicine sciences is down [...] and nuclear scientists are contemplating or are already moving out of the country".⁴² Kevin Tracey, Vice-President of the Ontario Association of Nuclear Medicine, pointed out that training new technologists is a difficult task, "once they leave the community [...] they go to the U.S., [and getting] them back is an extreme challenge".⁴³

RECOMMENDATION 3:

Considering the important role that Canada plays in the production of medical isotopes, the Committee recommends that the Government of Canada continue to support Canadian involvement in isotope production, especially through the Non-reactor-based Isotope Supply Contribution Program.

RECOMMENDATION 4:

In the meantime, the Committee recommends that the federal government conduct a cost-benefit analysis of isotope production, and evaluate future production levels of isotopes.

RECOMMENDATION 5:

Considering the integrated nature of the international isotope supply chain, the Committee also recommends that the federal government continue to support international cooperation and engagement with other isotope suppliers, and continue to improve communication protocols between stakeholders, including the public.

RECOMMENDATION 6:

Finally, the Committee recommends that the Government of Canada work to ensure continued isotope production in Canada as a measure

40 Jean Kodas, École polytechnique Montréal, *Evidence*, June 18, 2009.

41 Philippe Hébert, Covidien, *Evidence*, March 30, 2010; and Cyrille Villeneuve, Lantheus Medical Imaging, *Evidence*, March 25, 2010.

42 Jean-Luc Urbain, Canadian Association of Nuclear Medicine, *Evidence*, October 19, 2009.

43 Kevin Tracey, Ontario Association of Nuclear Medicine, *Evidence*, October 19, 2009.

to strengthen domestic supply and ensure the availability of medical isotopes to patients regardless of changes in international supply.

C. Research Implications

In addition to medical isotope production, the NRU reactor is also used for research purposes. According to Dr. Dominic Ryan⁴⁴, President of the Canadian Institute for Neutron Scattering, the neutron beams emitted from the reactor core allow for the study of new materials, including “high- T_c superconductors that offer the promise of zero-loss electrical power transport, hydrogen storage materials and battery electrodes that will enable more environmentally friendly uses of power, and high-strength super alloys and composites that will revolutionize manufacturing in the future”. This research and development supports Canadian industry by providing “unique knowledge [that] helps companies to develop more competitive products that are safer, more reliable, and less expensive to manufacture”. The reactor also contributes to the “stewardship of [Canada’s] CANDU fleet and to the development of next-generation reactor designs”. According to Dr. Ryan, the extensive research and training supported by the NRU research facilities have “raised Canada’s profile as a technology leader around the world”.⁴⁵

The NRU is not the only nuclear research facility in Canada. For example, the 5 megawatt nuclear reactor at McMaster University is mainly used for research,⁴⁶ and the TRIUMF subatomic physics laboratories at the University of British Columbia use accelerator technology to conduct research in particle physics and nuclear physics, including the study of rare isotopes.⁴⁷ However, the flexibility of the NRU design has enabled research opportunities in ways not possible at other facilities in Canada.⁴⁸ Furthermore, the research role of nuclear research reactors cannot be entirely replaced by alternative research facilities using accelerator technology. According to Dr. Daniel Banks, representative of CREATE (Chalk River Employees Ad-hoc Taskforce for a national laboratory), the Chalk River and TRIUMF facilities are “complementary [...] rather than redundant” since some of their research functions are not interchangeable. For example, nuclear research reactors can be used to obtain “more precise knowledge of the conditions of materials inside nuclear power reactors that cannot be obtained by other means”.⁴⁹

According to Dr. Banks, “If for some reason we no longer had the NRU reactor and there [was not] a certainty of a new facility, [...] we would lose critical mass of expertise at Chalk River, probably quite quickly just because most talented scientists and engineers at

44 Dominic Ryan, Canadian Institute for Neutron Scattering, *Evidence*, June 16, 2009.

45 Ibid.

46 Christopher Heysel, McMaster University, *Evidence*, June 16, 2009.

47 Nigel Lockyer, TRIUMF, *Evidence*, June 16, 2009.

48 Dominic Ryan, Canadian Institute for Neutron Scattering, *Evidence*, June 16, 2009.

49 Daniel Banks, as an individual, *Evidence*, March 25, 2010.

that facility would be looking for jobs elsewhere”.⁵⁰ Furthermore, the eventual closure of the NRU reactor may cause a gap for many Canadian and international scientists that use the facilities for research. As Dr. Ryan testified, teams of graduate students and post-docs are brought to the NRU reactor “where they get hands-on training by experts in neutron beam techniques and where they meet researchers from around the world. These are the next generation of Canadian researchers. But if [the] NRU is not replaced, where will they work?”⁵¹ According to Linda Keen, the size of the research gap that could result from the possible closure of the NRU is uncertain at this time.⁵²

RECOMMENDATION 7:

Considering Canada’s critical role in medical isotope research, the Committee recommends that the federal government support continued research in medical isotopes.

50 Ibid.

51 Dominic Ryan, Canadian Institute for Neutron Scattering, *Evidence*, June 16, 2009.

52 Linda Keen, as an individual, *Evidence*, June 16, 2009.

ALTERNATIVE PROCEDURES AND SUPPLY OPTIONS

The Expert Panel on Medical Isotope Production maintains that a *sustainable* supply of Tc-99m should:

- 1) “be viable for the foreseeable future, likely for at least 15 to 20 years, and may include options that begin producing in the short to medium timeframe but that promise to remain viable;
- 2) comprise options that could each meet a meaningful portion of the Canadian demand, but that would not necessarily be exclusively Canadian-based and may or may not serve the U.S. or other markets;
- 3) have a sound business model that may or may not include government involvement;
- 4) be free of highly enriched (weapons-grade) uranium because of Canadian and global commitment to non-proliferation.”

Furthermore, the Expert Panel defines a *secure* supply of Tc-99m as one that would:

- 1) “improve redundancy at all points in the supply chain to avoid the single point of failure risk associated with a linear supply chain;
- 2) use diverse technologies to hedge against a failure that could arise if all suppliers used the same technology;
- 3) collocate irradiation and processing facilities to minimize decay losses and avoid shipping losses and risks;
- 4) ensure sufficient capacity to accommodate short-term outages of some sources.”⁵³

The following sections discuss the main alternative medical procedures and supply options identified by the Committee witnesses as existing and potential methods to ensure

53 Report of the Expert Review Panel on Medical Isotope Production, November 30, 2009, <http://www.nrcan.gc.ca/eneene/sources/uranuc/pdf/panrep-rapexp-eng.pdf>.

sustainable and secure future supplies of Mo-99/Tc-99m and alternatives, and to avoid a repeat of the recent isotope shortage.

A. Alternative Medical Procedures

Nuclear medicine is one of many imaging technologies, and Tc-99m is not the only isotope used for diagnosing cancer—although it typically accounts for about 82% of nuclear medical procedures. Table 2 compares Tc-99m to a list of alternative medical isotopes that could replace Tc-99m in the short term, according to the *Ad hoc Interservice group of the European Commission's services on sufficiency in supply of radioisotopes for medical use*.⁵⁴ Furthermore, there are alternative procedures to Tc-99m imaging, including positron emission tomography (PET) scans, x-ray, computed tomography (CT) scans, magnetic resonance imaging (MRI) scans and ultrasounds.⁵⁵

Table 2: Tc-99m and alternative medical isotopes

Medical Isotope	Use	Comments
Technetium-99m (Tc-99m)	Cardiac imaging, bone scanning, cancer diagnosis and general organ scans	Accounts for about 82% of diagnostic radiopharmaceutical injections
Thallium-201 (Tl-201)	Cardiac imaging	Higher radiation dose and poorer image quality than Tc-99m procedures
Indium-111 (In-111)	Specialized diagnostic applications and to label blood cell components	Higher radiation dose and poorer image quality than Tc-99m procedures
Iodine-123 (I-123)	Kidney imaging	More expensive and less available than Tc-99m can be
Krypton-81m (Kr-81m)	Pulmonary ventilation imaging/studies	Used for limited studies and is much more expensive than Tc-99m.
Fluorine-18 Fluoro-deoxyglucose (F-18-FDG)	Bone scanning	Used with PET camera and requires nearby cyclotron.

Source: Adapted from the report of the Ad hoc Interservice group of the European Commission's services on sufficiency in supply of radioisotopes for medical use.

54 Ad hoc Interservice group of the European Commission's services on sufficiency in supply of radioisotopes for medical use, *Preliminary Report on Supply of Radioisotopes for Medical Use and Current Development in Nuclear Medicine*, October 30, 2009.

55 Meena Ballantyne, Health Products and Food Branch, Health Canada, *Evidence*, June 2, 2009.

The medical community used some alternative procedures as a short-term contingency response to the shutdown of the NRU reactor. However, such alternatives could replace the role of Tc-99m only temporarily, since they are often less effective, available or reliable.⁵⁶ Alternative procedures such as CT and MRI scans have limited availability; echocardiography (a potential alternative for cardiac function tests) may not be suitable for 15 to 20% of patients;⁵⁷ and thallium emits more radiation than other nuclear medicine and does not yield optimal image quality. The image quality of thallium-based procedures is further worsened if a patient is even slightly overweight, thereby increasing the chance of diagnostic errors.⁵⁸ Furthermore, according to the *Ad hoc Interservice group of the European Commission's services on sufficiency in supply of radioisotopes for medical use*, "no alternative exists today for some [...] Tc-labelled compounds, like colloids (for sentinel lymph node determination for cancer surgery), MAA for lung perfusion, DMSA for kidney function investigation and HAS for gastro-intestinal bleeding or cardiac studies".⁵⁹

The isotope supply shortage raised interest in alternative technologies and imaging modalities, particularly PET imaging. PET technology does not need a nuclear reactor because it can use isotopes from cyclotrons that can be located in hospitals and universities. According to Cyrille Villeneuve, Vice President of Lantheus Medical Imaging, the technology offers a good alternative to conventional technologies, "with better sensitivity and specificity".⁶⁰ Dr. Éric Turcotte, Medical Specialist in Nuclear Medicine and Clinical Head of the Molecular Imaging Centre of Sherbrooke, supported this view, stating that PET is "by far the best solution for the Canadian public when it comes to diagnosing cancer and other problems".⁶¹

Many experts believe PET to be the "technology of the future".⁶² For example, Dr. Nigel Lockyer, Director of TRIUMF, testified that PET imaging is "the fastest-growing component of nuclear medicine," adding that "last year the sales of PET cameras in the U.S. exceeded the sales of SPECT cameras (Single Photon Emission Computed Tomography) [...which] use Mo-99".⁶³ On the other hand, the technology faces a number of challenges in Canada, including:

-
- 56 Meena Ballantyne, Health Products and Food Branch, Health Canada, *Evidence*, June 2, 2009.
 - 57 Karen Gulenchyn, Department of Nuclear Medicine, Hamilton Health Sciences and St. Joseph's Healthcare Hamilton, *Evidence*, June 9, 2009.
 - 58 Eric Turcotte, Molecular Imaging Centre of Sherbrooke, as an individual, *Evidence*, March 25, 2010.
 - 59 Ad hoc Interservice group of the European Commission's services on sufficiency in supply of radioisotopes for medical use, *Preliminary Report on Supply of Radioisotopes for Medical Use and Current Development in Nuclear Medicine*, October 30, 2009.
 - 60 Cyrille Villeneuve, Lantheus Medical Imaging, *Evidence*, March 25, 2010.
 - 61 Eric Turcotte, Molecular Imaging Centre of Sherbrooke, as an individual, *Evidence*, March 25, 2010.
 - 62 Ibid.
 - 63 Nigel Lockyer, TRIUMF, *Evidence*, June 16, 2009.

- Limited availability and uneven geographic distribution. Of the approximately 31 devices available in Canada, 15 are in Quebec.⁶⁴ On the other hand, there are 85 scanners in France, 75 in Germany, and 20 in Belgium.⁶⁵
- Short half-life of the cyclotron-produced isotopes used by PET technology (10 minutes to three hours, as opposed to 66 hours for mo-99 and six hours for Tc-99m). This necessitates day-to-day production according to the demands of patients.⁶⁶
- Inability to replace Tc-99m for some medical procedures. For example, PET cannot be used for paediatric bone scanning for cancers, due to the procedure's relatively intense level of radiation.⁶⁷
- High cost. According to Dr. Karen Gulenchyn, Medical Chief at the Department of Nuclear Medicine at Hamilton Health Sciences and St. Joseph's Healthcare Hamilton, a dose of fluorodeoxyglucose (one of the isotopes used in PET scans) would cost at best \$250 to \$300, as opposed to \$15 to \$20 for a Tc-99m-based product.⁶⁸ (On the other hand, Tim Meyer, Head of Strategic Planning and Communications of TRIUMF, pointed out that "the payoffs of using [PET] technology would be tens of thousands of dollars per patient if fully implemented".⁶⁹)

According to Mr. Villeneuve, PET technology in Canada "will increase significantly as soon as the equipment and infrastructure are built".⁷⁰ Mr. Meyer stated that "it's fairly likely that Canada will move to a network of PET isotope producers" over the next 10 years.⁷¹

In addition to PET scanning, the Canadian Association of Nuclear Medicine has endorsed a new gamma camera, which uses a solid-state crystal detector and resolution recovery software. According to Dr. Urbain, the new camera is an "immediately implementable [short-, medium-, and long-term] solution" that uses two-to-three times less Tc-99m than the traditional SPECT scanners.⁷²

64 Eric Turcotte, Molecular Imaging Centre of Sherbrooke, as an individual, *Evidence*, March 25, 2010.

65 Jean-Luc Urbain, Canadian Association of Nuclear Medicine, *Evidence*, October 19, 2009.

66 Eric Turcotte, Molecular Imaging Centre of Sherbrooke, as an individual, *Evidence*, March 25, 2010.

67 Meena Ballantyne, Health Products and Food Branch, Health Canada, *Evidence*, June 2, 2009.

68 Karen Gulenchyn, Department of Nuclear Medicine, Hamilton Health Sciences and St. Joseph's Healthcare Hamilton, *Evidence*, June 9, 2009.

69 Tim Meyer, TRIUMF, *Evidence*, March 25, 2010.

70 Cyrille Villeneuve, Lantheus Medical Imaging, *Evidence*, March 25, 2010.

71 Tim Meyer, TRIUMF, *Evidence*, March 25, 2010.

72 Jean-Luc Urbain, Canadian Association of Nuclear Medicine, *Evidence*, October 19, 2009.

RECOMMENDATION 8:

In light of this evidence, the Committee recommends that, when necessary, the Government of Canada encourage the use of alternative medical isotopes for diagnostics.

RECOMMENDATION 9:

Furthermore, the Committee recommends that the Government of Canada encourage the development of PET technology considering the pre-clinical and clinical trials performed in Europe and in the United States.

B. Potential Supply Options in Canada

In line with international efforts of nuclear non-proliferation, low enriched uranium (LEU) has become the preferred option over highly enriched uranium (HEU) for use in civil nuclear reactors. LEU has a lower than 20% U-235 concentration, while HEU typically has a U-235 concentration of approximately 93%. The latter, which is also used to produce nuclear weapons, has been the preferred option for isotope production because enriching uranium to over 90% U-235 maximizes the production of Mo-99. Large-scale production of Mo-99 using LEU targets still requires research and development to optimize the process of isotope production and manage the increased volumes of waste.⁷³

The following sections discuss the main technology options with potential to produce medical isotopes in Canada, as identified by the Expert Panel and by various Committee witnesses. Table 3 summarizes available information for each of the technology options. For a variety of reasons, the Committee did not have the information to conduct a cost-benefit analysis of the capital or final production costs of the various options.

Table 3: Summary Information for Each Technology Option

Technology	Cost	Timeline (to first production)	Capacity (percentage of Canadian demand**)
Multi-purpose research reactor	>\$500M	2015-2020	500%***
MAPLE reactors	\$50-250M	2011-2017	2800% (before conversion to LEU)*
Other existing reactors (e.g. McMaster reactor)	\$50-250M	2011-2013	Varies up to and possibly exceeding 100%
Cyclotron	<\$50M (for 5 new and 3 existing cyclotron facilities)	2011-2014	180% (using 8 cyclotrons)
Linear Accelerator – Photo-Fission	\$250-500M (for 4 accelerator facilities)	2013-2015	100% (using 4 accelerators)
Linear Accelerator – Mo-100 Transmutation	\$50-250M (for 2 accelerator facilities)	2013-2015	Over 100% (using 2 accelerators)

* Capacity to make Mo-99 with a reactor using LEU targets is limited more by the efficiency of the processing facility than by the reactor itself.

** Based on an estimated Canadian demand for Tc-99m of 32,000 doses (470 6-day Ci of bulk Mo-99) per week.

*** Based on estimated reactor capacity, without considering limitations of a processing facility.

Adapted from the Report of the Expert Review Panel on Medical Isotope Production.

New Multi-Purpose Research Reactor

The Expert Panel maintains that building a new multi-purpose research reactor is the option with the “highest potential for concomitant benefit to Canadians based on the promise of the broad-based research that would be undertaken, and its associated potential for generating intellectual property, job creation and training”. According to the Expert Panel, with the NRU reactor approaching the end of its life cycle, deciding on a new research reactor “is needed quickly to minimize any gap between the start-up of a new reactor and the permanent shutdown of the NRU”.⁷⁴

⁷⁴ Report of the Expert Review Panel on Medical Isotope Production, November 30, 2009, <http://www.nrcan.gc.ca/eneene/sources/uranuc/pdf/panrep-rapexp-eng.pdf>.

The Expert Panel acknowledges this to be the highest cost solution, pointing out that even though the costs of building a new reactor can be spread over a large spectrum of activities, isotope production would offset only about 10 to 15% of these costs. It was therefore concluded that “building a new reactor would have to be justified, in large part, based on its other missions.” The Expert Panel also recommended that any new reactor-based source of Mo-99 should be based on LEU targets, in accordance with international efforts towards nuclear non-proliferation. The use of LEU requires research and development to optimize isotope production and manage the increased volumes of waste.⁷⁵

One proposed new research reactor to replace the aging NRU is the Canadian Neutron Beam Centre in Chalk River, which is planned to perform multi-purpose research, and could produce Mo-99 upon conception. Furthermore, according to Mr. Dupont, “the Province of Saskatchewan has indicated it is also interested in discussing with the Government of Canada possible arrangements for a research reactor and, eventually, the production of isotopes”.⁷⁶

RECOMMENDATION 10:

The Committee recommends that the Government of Canada study the feasibility of a new multi-purpose research reactor in order to accurately estimate construction and operating costs as well as potential sources of income and report the results to Parliament.

The MAPLE Reactors

The MAPLE reactors 1 and 2 at AECL’s Chalk River laboratories were designed and built exclusively for the production of medical isotopes under contract. They were originally intended to replace the isotope production of the aging NRU reactor, but were never fully commissioned due to a discrepancy between the modelled and actual behaviours of the reactors. According to AECL, the reactor’s safety provisions were deemed unsatisfactory since the discrepancy could not be explained unequivocally. Mr. MacDiarmid testified that the discontinued MAPLE reactors cost AECL approximately \$250 million,⁷⁷ which does not include any costs paid for by MDS Nordion. The reactors are currently in an extended shutdown state.⁷⁸

The feasibility of restarting the MAPLE project is controversial. Dr. Jatin Nathwani, Ontario Research Chair in Public Policy for Sustainable Energy Management, Dr. Jean Koclas, Professor at the Nuclear Engineering Institute of the École polytechnique

75 Ibid.

76 Serge Dupont, Natural Resources Canada, *Evidence*, June 2, 2009.

77 Hugh MacDiarmid, AECL, *Evidence*, June 4, 2009.

78 Ibid.

Montréal, and Dr. Daniel Meneley, Acting Dean at the Faculty of Energy Systems and Nuclear Science of the University of Ontario Institute of Technology, expressed support for revisiting the project. Dr. Meneley stated that “the start-up and operation of [the MAPLE] facilities may well be the preferred route [...]” despite their obvious weaknesses.⁷⁹ Furthermore, Steve West, President of MDS Nordion, quoted a report by the National Academy of Sciences, stating that AECL could contract with another organization to provide the necessary technical expertise or resources to repair the MAPLE reactors. The report’s authoring committee “assumes that the worst-case scenario for fixing the MAPLE reactors involves the replacement of the reactor cores,” which would likely cost less than building a new reactor.⁸⁰

On the other hand, John Waddington, nuclear safety consultant, indicated that the reactors could be started in principle, but pointed out that this would require “much human and financial effort”.⁸¹ Furthermore, Mr. MacDiarmid stated that the MAPLE reactors are not a viable short-term option and would take “many years and many hundreds of millions of dollars” to be licensable and put into service.⁸²

The Expert Panel maintains that, since the MAPLE reactors were designed to focus on isotope production using HEU, they would pose “significant challenges for possible modification and conversion to LEU”. In addition, the Expert Panel states that “even if the existing infrastructure were to come at no cost, the ongoing economics for [the MAPLE] project remain questionable because high operating costs cannot be shared across multiple areas”.⁸³ The MAPLE reactors could not produce all the isotopes produced by the NRU reactor, such as cobalt-60 (also used for cancer treatment) and other isotopes for industrial purposes, and could not be used to perform advanced materials research.⁸⁴

RECOMMENDATION 11:

If a private sector proposal is made for the MAPLE reactors that accepts fully the commercial risk associated with the reactors and requires no additional costs on the part of the government, the Committee recommends that the Government of Canada remain open to considering the proposal.

79 Jean Koclas, École polytechnique Montréal; Daniel Meneley, University of Ontario Institute of Technology; and Jatin Nathwani, University of Waterloo, *Evidence*, June 18, 2009.

80 Steve West, MDS Nordion, *Evidence*, June 11, 2009.

81 John Waddington, Nuclear Safety Consultant, *Evidence*, June 11, 2009.

82 Hugh MacDiarmid, AECL, *Evidence*, June 4, 2009.

83 *Report of the Expert Review Panel on Medical Isotope Production*, November 30, 2009, <http://www.nrcan.gc.ca/eneene/sources/uranuc/pdf/panrep-rapep-eng.pdf>.

84 Daniel Banks, as an individual, *Evidence*, March 25, 2010.

The McMaster Nuclear Reactor

The McMaster nuclear reactor in Hamilton, Ontario, is a 5-megawatt materials test reactor (MTR). The university has proposed to produce about 20% of North America's Mo-99 demand in the medium term, which is about the equivalent of four times Canada's demand.⁸⁵ The reactor has produced medical isotopes in the 1970s; however, the current supply chain is not set up to incorporate large quantities of isotopes from Hamilton, Ontario. Furthermore, Christopher Heysel, Director of Nuclear Operations and Facilities at the McMaster Nuclear Reactor, indicated that although the proposed isotope production will have the same chemical composition for the targets as the NRU reactor, the pin-shaped NRU target has a different geometry from the McMaster target, which is a pleat design.⁸⁶ AECL has indicated its support to the McMaster proposal "to the extent that it is possible;" pointing out that logistical issues associated with transporting radioactive materials across the Greater Toronto and Hamilton Area could pose challenges to implementing this option.⁸⁷

The Expert Panel pointed out that using other existing research or power reactors to irradiate targets for the production of Mo-99 requires the use of HEU targets to achieve worthwhile yields, adding that, in accordance with international efforts towards nuclear non-proliferation, HEU-based options should be considered to address only short-term supply shortages. Converting a reactor from HEU (about 93% U-235) to LEU (less than 20% U-235) targets reduces the efficiency of isotope production to about one-fifth for the same amount of uranium and requires structural modifications (e.g. design of new targets). It also incurs other costs as a result of lower yields and increased waste.⁸⁸ According to the McMaster University website, "the [McMaster] reactor is currently undergoing a switch from highly-enriched uranium (HEU) to low-enrichment uranium (LEU) fuel[...]"⁸⁹

The McMaster reactor, which is licensed until 2014, is currently operating at 3 megawatts, 16 hours a day, five days a week. McMaster's proposal would require that the reactor operation be ramped up to 24 hours a day, seven days a week in order to produce isotopes at the proposed capacity.

Cyclotrons

Cyclotrons are particle accelerators whose acceleration path is circular. Although they already produce some medical isotopes (e.g. Thallium-201, Iodine-125 and

85 Christopher Heysel, Director of Nuclear Operations and Facilities, McMaster Nuclear Reactor, McMaster University, *Evidence*, June 16, 2009.

86 Ibid.

87 Hugh MacDiarmid, AECL, *Evidence*, August 21, 2009.

88 *Report of the Expert Review Panel on Medical Isotope Production*, November 30, 2009, <http://www.nrcan.gc.ca/eneene/sources/uranuc/pdf/panrep-rapexp-eng.pdf>.

89 McMaster University, Nuclear Engineering and Science, <http://engphys.mcmaster.ca/research/areas/nuc.htm>

Gallium-67), they cannot yet produce Tc-99m for large-scale medical use. According to Tim Meyer, existing cyclotrons have the ability to produce limited amounts of Tc-99m directly by bombarding Mo-100 with protons. Human clinical trials of this method could be conducted within 18 months, and the technology could be deployed without significant changes to the equipment already in place in Canada. On the other hand, cyclotron-produced isotopes have a short half life which limits their use to close-by hospitals and radiopharmacies. However, Mr. Meyer indicated that this is not a major concern since most of Canada's inhabitants are close to major population centres.⁹⁰ The Committee is concerned that cyclotrons located only in major population centres would not be easily accessible to some rural communities.

The Expert Panel maintains that the early development stage of this technology makes it difficult to determine how much of the Canadian market could be served by cyclotrons. Conversely, this option is attractive because cyclotron infrastructure could offer surge capacity to augment other sources of medical isotopes and still be used for other purposes.⁹¹

It was not clear to the Committee what the total cost of the cyclotron option will be. According to the Expert Panel, the extensive R&D required to develop this option can be done at a low-cost considering the presently available infrastructure to undertake the research, demonstration and initial production. However, the large-scale production and commercialization of cyclotron-produced Tc-99m could have a high cost because of the limited availability of Mo-100, which is currently not produced commercially.⁹²

Cyclotron-produced Tc-99m may require more validation from a health regulatory perspective than other options. On the other hand, cyclotrons do not produce nuclear waste and are considered the "timeliest option". Depending on R&D results and on health regulatory issues, commercial production could begin between 2011 and 2014.⁹³

Linear Accelerators

Photo-fission Option

The TRIUMF group at the University of British Columbia (UBC) has proposed an alternative method of producing Mo-99 through nuclear interactions with natural uranium. In the photo-fission option, "a high-power electron linear accelerator is used to bombard a converter to produce an intense photo beam to generate Mo-99 through nuclear

90 Tim Meyer, TRIUMF, *Evidence*, March 25, 2010.

91 *Report of the Expert Review Panel on Medical Isotope Production*, November 30, 2009, <http://www.nrcan.gc.ca/eneene/sources/uranuc/pdf/panrep-rapexp-eng.pdf>.

92 Ibid.

93 Ibid.

interactions with natural uranium”.⁹⁴ A new multi-purpose research accelerator, known as the e-linac or superconducting electron linear accelerator, is currently under construction at UBC and will be used to validate this option.⁹⁵

According to the Expert Panel on Medical Isotope Production, the development of the photo-fission concept requires substantial research and development for the target and converter design, the cooling capacity and overall process optimization. The technology would fit well with the existing supply chain; however, it would generate significant quantities of nuclear waste. Furthermore, to meet the required production levels, the photo-fission accelerators must focus exclusively on isotope production, making for an unfavourable economic case since the technology’s relatively high capital investment cannot be shared across multiple missions.⁹⁶

Molybdenum-100 Transmutation Option

An electron linear accelerator can produce Mo-99 through the transmutation of enriched Mo-100, an option proposed by the National Research Council.⁹⁷ According to the Expert Panel, this option requires “significant R&D regarding targetry and cooling capacity, as well as the development and marketing of a new type of generator”. There is also concern that this technology may not be accepted by hospitals or be able to compete with the traditional generators.⁹⁸

According to the Expert Panel, there is currently no commercial production of purified Mo-100, and the quantity needed may entail substantial costs and hence pose a barrier to commercialization. It is unknown whether recycling could reduce these costs because Mo-100 recycling has yet to be demonstrated, which would require significant research and development. Furthermore, this type of accelerator may need to focus exclusively on isotope production to meet the required levels of output, which weakens its economic case, as in the case of the photo-fission option. From an environmental perspective, however, the Panel felt that this option is more favourable than the photo-fission option because it does not generate nuclear waste.⁹⁹

94 Ibid.

95 Tim Meyer, TRIUMF, *Evidence*, March 25, 2010.

96 *Report of the Expert Review Panel on Medical Isotope Production*, November 30, 2009, <http://www.nrcan.gc.ca/eneene/sources/uranuc/pdf/panrep-rapexp-eng.pdf>.

97 Nigel Lockyer, TRIUMF, *Evidence*, June 16, 2009.

98 *Report of the Expert Review Panel on Medical Isotope Production*, November 30, 2009, <http://www.nrcan.gc.ca/eneene/sources/uranuc/pdf/panrep-rapexp-eng.pdf>.

99 Ibid.

RECOMMENDATION 12:

The Committee recommends that the federal government learn from the failure of the MAPLE reactors and the impact of the NRU shutdown on medical isotope supplies in Canada, and seek to diversify and secure the supply sources of medical isotopes in the medium and long term by funding several projects out of the \$35 million envelope announced in the last federal budget.

RECOMMENDATION 13:

Furthermore, the Committee recommends that the Government of Canada examine fully all the alternative production proposals, and continue to support the research and development of new technologies.

RECOMMENDATION 14:

In particular, the Committee recommends that the Government of Canada continue to fund research in accelerator technology, both linear accelerators and cyclotrons.

C. Suppliers outside Canada

Shortly after the NRU reactor shutdown, the Petten reactor in the Netherlands increased its production by 50% and the SAFARI reactor in South Africa by 20%. Similarly, Belgium expanded its processing capacity to “accommodate larger volumes of irradiation by nuclear reactors,” and Australia “intensified efforts to bring its OPAL reactor on stream”.¹⁰⁰ Australia has also started producing medical isotopes for its domestic consumption, which freed up supply from the South African reactor for exportation elsewhere.¹⁰¹ This situation changed following the planned temporary shutdown of the Petten reactor that began in February 2010, which exacerbated the global shortage considerably.

Despite international efforts to produce additional isotopes, the global supply of medical isotopes is, at best, unstable. All major reactors that produce medical isotopes are of similar vintage to the NRU (see Table 4) and the sustainability of their isotope production is uncertain. Furthermore, they must all undergo scheduled outages for maintenance.¹⁰²

100 Serge Dupont, Natural Resources Canada, *Evidence*, August 21, 2009.
101 Richard Côté, AECL, *Evidence*, October 19, 2009.
102 Steve West, MDS Nordion, *Evidence*, June 11, 2009.

Table 4: The Age of Major Production Reactors

Location	Reactor	Age
Chalk River, Canada	NRU	51
Mol, Belgium	BR2	47
Petten, The Netherlands	HFR	47
Pelindaba, South Africa	SAFARI-1	43
Saclay, France	OSIRIS	42

Source: Natural Resources Canada.

Other reactors may potentially contribute to the global supply of medical isotopes in the future. These include a reactor in Argentina, which could supply modest quantities to the North American market; the Jules Horowitz reactor in France, which is expected to come on stream by 2015; and the University of Missouri research reactor, which may be brought on stream to produce Mo-99, although there is no specific commitment to do so.¹⁰³

RECOMMENDATION 15:

Considering the age of the NRU reactor, the Committee recommends that the government recognize that the NRU is not a credible or sustainable long-term solution, but is critical for the short-term supply of isotopes both domestically and globally.

103 Serge Dupont, Natural Resources Canada, *Evidence*, June 2, 2009.

THE FEDERAL GOVERNMENT'S RESPONSE TO THE SHUTDOWN OF THE NATIONAL RESEARCH UNIVERSAL REACTOR

The Government of Canada has indicated that it has taken measures to respond to the temporary shutdown of the NRU reactor and the consequential shortage in medical isotopes by:

- 1) Instructing AECL to make the return to service of the NRU a top priority, and providing money for AECL's ongoing operations through the federal budget.
- 2) "Developing an action plan to increase the long-term security of medical isotope supply by investing in research and development to prove new technologies with commercial potential; optimizing the use of available supplies and alternatives, where appropriate; and working with the international community to coordinate the global supplies of medical isotopes."¹⁰⁴
- 3) Providing \$48 million, in Budget 2010, over two years for research, development and application of medical isotopes, including:¹⁰⁵
 - \$35 million to Natural Resources Canada "to support research and development of new technologies for the production of isotopes".
 - \$10 million to the Canadian Institutes of Health Research "for a clinical trials network to help move research on isotopes and imaging technologies into clinical practice".
 - \$3 million to Health Canada "to work with stakeholders to optimize the use of medical isotopes in the Health system".

Budget 2010 also provides \$300 million on a cash basis for AECL's operations in 2010-11 to cover "anticipated commercial losses and support the corporation's operations, including the continuous development of the Advanced CANDU Reactor, ensuring a secure supply of medical isotopes and maintaining safe and reliable operations at the

104 Government of Canada Response to the Report of the Expert Review Panel on Medical Isotope Production, March 31, 2010.

105 Budget 2010, <http://www.budget.gc.ca/2010/pdf/budget-planbudgetaire-eng.pdf>.

Chalk River Laboratories”.¹⁰⁶ According to Mr. MacDiarmid, this funding will support a number of activities, “some of which are related to the repair of the NRU and the preparation for the relicensing or the licence extension of the NRU”.¹⁰⁷

RECOMMENDATION 16:

In addition to these measures, the Committee recommends that the Government of Canada ensure that the provinces and territories are given compensation for the increased costs and additional management costs of technetium-99m incurred by health authorities as a result of the shortage of medical isotopes.

RECOMMENDATION 17:

Furthermore, the Committee recommends that the Government of Canada issue a public statement to clarify whether or not it intends to get out of the supply side of isotope production by 2016.

RECOMMENDATION 18:

If the Government of Canada intends to get out of the isotope business as stated by the Prime Minister, the Committee recommends that it issue a public statement and table a detailed exit strategy that includes its plans to keep the NRU reactor operating until 2016.

106 Government of Canada Response to the Report of the Expert Review Panel on Medical Isotope Production, March 31, 2010.

107 According to AECL, the majority of the \$300 is earmarked for the “unexpected financial requirements associated with the completion of the life-extension projects at Bruce Power and Point Lepreau.” See Hugh MacDiarmid, AECL, *Evidence*, March 30, 2010.

APPENDIX A

List of Witnesses

Second Session, 40th Parliament

Organizations and Individuals	Date	Meeting
Department of Health	2009/06/02	23
Meena Ballantyne, Assistant Deputy Minister, Health Products and Food Branch		
Department of Natural Resources		
Cassie J. Doyle, Deputy Minister		
Serge Dupont, Associate Deputy Minister		
Hon. Lisa Raitt, Minister of Natural Resources		
Tom Wallace, Director General, Electricity Resources Branch		
Atomic Energy of Canada Limited	2009/06/04	24
Hugh MacDiarmid, President and Chief Executive Officer		
William Pilkington, Senior Vice-President and Chief Nuclear Officer		
Canadian Nuclear Safety Commission		
Michael M. Binder, President		
Peter Elder, Director General, Directorate of Nuclear Cycle and Facilities Regulation		
Canadian Association of Nuclear Medicine	2009/06/09	25
Peter Hollet, Past President		
Jean-Luc Urbain, President		
Canadian Association of Radiologists		
Jacques Lévesque, Vice-President		
Edward Lyons O.C., President		
Hamilton Health Sciences and St. Joseph's Healthcare Hamilton		
Karen Gulenchyn, Medical Chief, Department of Nuclear Medicine		
Quebec Association of Nuclear Medicine Specialists		
François Lamoureux, President		
As individual	2009/06/11	26
John Waddington, Nuclear Safety Consultant		
MDS Nordion		
John Campion, Legal Counsel, Partner, Fasken Martineau Law Firm		

Organizations and Individuals	Date	Meeting
MDS Nordion Jill Chitra, Vice-President, Strategic Technologies Steve West, President	2009/06/11	26
Université Laval Michel Duguay, Professor, Department of Electrical and Computer Engineering		
As individual Linda J. Keen, Specialist, Safety and Risk Management	2009/06/16	27
Canadian Institute for Neutron Scattering Dominic Ryan, President		
McMaster University Christopher Heysel, Director, Nuclear Operations and Facilities, McMaster Nuclear Reactor Dave Tucker, Senior Health Physicist, Health Physics John Valliant, Director, Isotope Research, McMaster Nuclear Reactor		
TRIUMF Nigel Lockyer, Director		
As individual Harold J. Smith	2009/06/18	28
École polytechnique Montréal Jean Koclas, Professor, Nuclear Engineering Institute, Engineering Physics Department		
University of Ontario Institute of Technology Daniel Meneley, Acting Dean, Faculty of Energy Systems and Nuclear Science		
University of Waterloo Jatin Nathwani, Ontario Research Chair in Public Policy for Sustainable Energy Management, Executive Director, Waterloo Institute for Sustainable Energy		
As individual Sandy McEwan, Special Advisor on Medical Isotopes to the Minister of Health	2009/08/21	30
Atomic Energy of Canada Limited Hugh MacDiarmid, President and Chief Executive Officer William Pilkington, Senior Vice-President and Chief Nuclear Officer		

Organizations and Individuals	Date	Meeting
Department of Natural Resources Serge Dupont, Special Advisor to the Minister of Natural Resources on Nuclear Energy Policy Tom Wallace, Director General, Electricity Resources Branch	2009/08/21	30
Government of Ontario David Caplan, Minister of Health and Long-Term Care		
International Society of Nuclear Medicine Robert Atcher, Past President		
Society of Professional Engineers and Associates Michael Ivanco, Vice-President		
Atomic Energy of Canada Limited Richard V. Côté, Vice-President, Isotopes Business William Pilkington, Senior Vice-President and Chief Nuclear Officer	2009/10/19	33
Canadian Association of Nuclear Medicine Jean-Luc Urbain, President		
Department of Health Sandy McEwan, Special Advisor on Medical Isotopes to the Minister of Health		
MDS Nordion Jill Chitra, Vice-President, Strategic Technologies Steve West, President		
Ontario Association of Nuclear Medicine Kevin Tracey, Vice-President		

APPENDIX B

List of Witnesses

Third Session, 40th Parliament

Organizations and Individuals	Date	Meeting
As individuals	2010/03/25	5
Daniel Banks		
Gordon Tapp		
Eric Turcotte, Medical Specialist in Nuclear Medicine, Clinical Head of the Molecular Imaging Centre of Sherbrooke		
Lantheus Medical Imaging		
William Dawes, Vice-President, Manufacturing and Supply Chain		
Cyrille Villeneuve, Vice-President and General Manager, International		
TRIUMF		
Tim Meyer, Head, Strategic Planning and Communications		
As individual	2010/03/30	6
Peter Goodhand		
Atomic Energy of Canada Limited		
Hugh MacDiarmid, President and Chief Executive Officer		
William Pilkington, Senior Vice-President and Chief Nuclear Officer		
Covidien		
Philippe Hébert, Director, Sales and Marketing, Pharmaceuticals Division, Tyco Healthcare Group Canada		
Stephen E. Littlejohn, Vice-President, Communications, Pharmaceuticals Division		

APPENDIX C

List of Briefs

Second Session, 40th Parliament

Organizations and individuals

Canadian Association of Medical Radiation Technologists

Canadian Association of Nuclear Medicine

Canadian Association of Radiologists

École polytechnique Montréal

O'Donohue, Tony

TRIUMF

University of Ontario Institute of Technology

REQUEST FOR GOVERNMENT RESPONSE

Pursuant to Standing Order 109, the Committee requests that the government table a comprehensive response to this Report.

A copy of the relevant Minutes of Proceedings (40th Parliament, 3rd Session: Meetings Nos. 5, 6, 13, 14, 15, 18, 19, 20, 21, 26, 27, 28 and 29) and (40th Parliament, 2nd Session: Meetings Nos. 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30 and 33) is tabled.

Respectfully submitted,

Leon Benoit, MP

Chair

SUPPLEMENTARY OPINION OF THE CONSERVATIVE PARTY OF CANADA

The Conservative members on the Standing Committee of Natural Resources are pleased to submit supplementary opinions to the report "*The National Research Universal Reactor Shutdown and the Future of Medical Isotope Production in Canada*". The supplementary opinions are submitted in order to highlight areas where the Conservative members believe the report's recommendations have erred.

The Government of Canada recognizes that Canadians want a secure and reliable supply of medical isotopes. During the temporary shutdown of the NRU and the consequential shortage of medical isotopes it took significant measures to respond.

The Conservative members of the Committee do not support the report's recommendation # 16 that states that *'the provinces and territories are given compensation for the increased costs and additional management costs of technetium-99m incurred by health authorities as a result of the shortage of medical isotopes'*. The supply system for medical isotopes is complex and cuts across public and private sectors, as well as federal, provincial and international jurisdictions. The hard work and resourcefulness of Canadian health care providers and the provinces and territories was key to the successful management of supply disruptions. They rose to this challenge impressively using mitigation strategies and contingency plans, such as maximizing available supply and the use of alternative medical isotopes and imaging modalities throughout the duration of the reactor shutdown to provide needed health services to Canadians. The government is investing considerable resources to secure Canada's supply of medical isotopes, including the investments in returning the NRU to service and new funding of \$48 million through Budget 2010 to support research, development and appropriate use of isotopes. It is important to note that the contractual relationship for isotope supply is between the provinces and the various vendors as opposed to a direct supply relationship with AECL. However, even through the global economic crisis, the government has increased health transfers to the provinces and territories, including an all time high of \$25.4 billion this year and will keep increasing this by 6% annually to 2014.

In addition the Conservative members of the Committee do not support the report's recommendation #17 which asks the Government to *'issue a public statement to clarify whether or not it intends to get out of the supply side of isotopes production'*, nor does it support recommendation #18 that calls for a *'public statement and table a detailed exit strategy that includes its plans to keep the NRU reactor operating until 2016.'* The government favours a new paradigm in which Canadians benefit from Canadian-based isotope production, supplemented if necessary from the world market. The government is relicensing the NRU till 2011 and investments are being made to relicense it till

2016. The government has already stated that it does not intend to have the NRU produce isotopes beyond 2016. The Government, in Budget 2010, invested \$48 million over two years to support the research, development and application of medical isotopes. The development of non-federal supply options will serve Canadians beyond 2016.

The Government of Canada will continue to make the health and safety of Canadians its top priority.

retrait détaillée, y compris ses plans concernant le maintien en service du réacteur NRU jusqu'en 2016. Le gouvernement préfère un nouveau paradigme selon lequel les Canadiens utilisent d'abord les isotopes produits au Canada, puis ceux produits sur le marché mondial si nécessaire. Il a renouvelé le permis du réacteur NRU jusqu'en 2011 et des investissements sont consentis pour son renouvellement jusqu'en 2016. Le gouvernement a déjà déclaré qu'il n'avait pas l'intention de prolonger la production d'isotopes du réacteur NRU après 2016. Le budget de 2010 prévoit 48 millions de dollars sur deux ans pour appuyer la recherche, le développement et les applications des isotopes médicaux. La recherche de solutions d'approvisionnement autres que fédérales sera utile aux Canadiens après 2016.

Le gouvernement du Canada continuera de faire de la santé et de la sécurité des Canadiens sa principale priorité.

Les députés conservateurs membres du Comité permanent des ressources naturelles sont heureux de présenter des opinions supplémentaires sur le rapport intitulé *L'arrêt du réacteur national de recherche universel et l'avenir de la production d'isotopes médicaux et de la recherche au Canada*. Ces opinions visent à mettre en évidence les recommandations du rapport qu'ils estiment erronées.

Le gouvernement du Canada reconnaît que les Canadiens veulent pouvoir compter sur un approvisionnement fiable et sécuritaire en isotopes médicaux. Durant l'interruption temporaire du réacteur NRU et la pénurie d'isotopes médicaux consécutives, d'importantes mesures ont dû être prises pour faire face à la situation.

Les députés conservateurs membres du Comité ne sont pas d'accord avec la recommandation 16, à savoir que le gouvernement du Canada veille à dédommager les provinces et les territoires pour l'augmentation du coût du *technetium 99m* et les coûts de gestion supplémentaires auxquels ont dû faire face les autorités de la santé à la suite de la pénurie d'isotopes médicaux. Le système d'approvisionnement en isotopes médicaux est complexe et touche les secteurs public et privé, ainsi que le fédéral, les provinces et le monde. Le travail acharné et l'ingéniosité des fournisseurs de soins de santé du Canada ainsi que les provinces et territoires ont été la clé du succès de la gestion de l'interruption de l'approvisionnement. Ils ont relevé ce défi avec brio grâce à des stratégies de l'attention et des plans d'urgence, comme l'optimisation de l'approvisionnement sur le marché et l'utilisation d'isotopes médicaux de remplacement, et à des modalités d'imagerie pendant la panne afin de fournir aux Canadiens les services de santé requis. Le gouvernement investit de nombreuses ressources pour protéger l'approvisionnement du Canada en isotopes médicaux, notamment pour la remise en service du réacteur NRU et l'injection de 48 millions de dollars supplémentaires dans le cadre du budget de 2010 pour appuyer la recherche et le développement d'isotopes, et leur utilisation adéquate. Il convient de souligner que la relation contractuelle en matière d'approvisionnement en isotopes lie les provinces et les divers fournisseurs; il ne s'agit pas d'une relation d'approvisionnement directe avec EACL. Toutefois, même pendant la crise économique mondiale, le gouvernement a augmenté les transferts aux provinces et aux territoires en matière de santé, atteignant un sommet inégalé de 25,4 milliards de dollars cette année, et il continuera de les augmenter de 6 % par an jusqu'en 2014.

De plus, les membres conservateurs du Comité n'appuient pas la recommandation 17, qui demande que le gouvernement fasse une déclaration publique afin d'indiquer clairement s'il a l'intention de se retirer du volet de la production d'isotopes, ni la recommandation 18, qui demande au gouvernement qu'il fasse une déclaration publique et dépose une stratégie de

DEMANDE DE RÉPONSE DU GOUVERNEMENT

Conformément à l'article 109 du Règlement, le Comité demande au gouvernement de déposer une réponse globale au présent rapport.

Un exemplaire des procès-verbaux pertinents (40^e législature, 3^e session : séances nos 5, 6, 13, 14, 15, 18, 19, 20, 21, 26, 27, 28 et 29) et (40^e législature, 2^e session : séances nos 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30 et 33) est déposé.

Respectueusement soumis,

Le président,

Leon Benoit, député

ANNEXE C
Liste des mémoires
Deuxième session, 40^e législature

Organisations et individus

Association canadienne de médecine nucléaire

Association canadienne des radiologistes

Association canadienne des technologues en radiation médicale

École polytechnique Montréal

O'Donohue, Tony

TRIUMF

University of Ontario Institute of Technology

ANNEXE B **Liste des témoins** **Troisième session, 40^e législature**

Organisations et individus	Date	Réunion
----------------------------	------	---------

À titre personnel

2010/03/25 5

Daniel Banks

Gordon Tapp

Eric Turcotte, médecin spécialiste en médecine nucléaire,
 Chef clinique du Centre d'imagerie Moléculaire de Sherbrooke

Lantheus Imagerie Médicale

William Dawes, vice-président,

Fabrication et chaîne d'approvisionnement

Cyrille Villeneuve, vice-président et directeur général,

International

TRIUMF

Tim Meyer, directeur,

Planification stratégique et communication

À titre personnel

Peter Goodhand

Covidien

Philippe Hébert, directeur,

Ventes et marketing, Division produits pharmaceutiques,

Groupe Tyco Medical Canada

Stephen E. Littlejohn, vice-président,

Communications, Division pharmaceutiques

Energie atomique du Canada limitée

Hugh MacDiarmid, président-directeur général

William Pilkington, vice-président principal et agent principal du

nucléaire

Organisations et individus	Date	Réunion
----------------------------	------	---------

Energie atomique du Canada limitée

2009/08/21 30

Hugh MacDiarmid, président-directeur général
William Pilkington, vice-président principal et agent principal du nucléaire

Gouvernement de l'Ontario

David Caplan, ministre de la Santé et des Soins de longue-durée

International Society of Nuclear Medicine

Robert Atcher, ancien président

Ministère des Ressources naturelles

Serge Dupont, conseiller spécial du ministre des Ressources naturelles sur la politique d'énergie nucléaire

Tom Wallace, directeur général,
Direction des ressources en électricité

Société des ingénieurs professionnels et associés

Michael Ivanco, vice-président

Energie atomique du Canada limitée

2009/10/19 33

Richard V. Côté, vice-président,
Commerce des isotopes

William Pilkington, vice-président principal et agent principal du nucléaire

MDS Nordion

Jill Chitra, vice-présidente,
Technologies stratégiques

Steve West, président

Ministère de la Santé

Sandy McEwan, conseiller spécial sur les isotopes médicaux pour la ministre de la Santé

Ontario Association of Nuclear Medicine

Kevin Tracey, vice-président

Association canadienne de médecine nucléaire

Jean-Luc Urbain, président

26 2009/06/11

MDS Nordion

John Campion, avocat-conseil,
Associé, Fasken Martineau, Cabinet d'avocats

Jill Chitra, vice-présidente,
Technologies stratégiques

Steve West, président

Université Laval

Michel Duguay, professeur,
Département de génie électrique et de génie informatique

À titre personnel

Linda J. Keen, spécialiste,
Sécurité et gestion des risques

Institut canadien de la diffusion des neutrons

Dominic Ryan, président

TRIUMF

Nigel Lockyer, directeur

Université McMaster

Christopher Heyssel, directeur,
Activités et installations nucléaires, McMaster Nuclear Reactor

Dave Tucker, spécialiste principal en radioprotection,

Radioprotection

John Valliant, directeur,

Recherche sur les isotopes, McMaster Nuclear Reactor

À titre personnel

2009/06/18

28

Harold J. Smith

École polytechnique Montréal

Jean Koclas, professeur,

Institut de génie nucléaire, département de génie physique

University of Ontario Institute of Technology

Daniel Meneley, doyen par intérim,

Faculty of Energy Systems and Nuclear Science

University of Waterloo

Jatin Nathwani, titulaire d'une chaire de recherche de l'Ontario
en politiques publiques et en gestion de l'énergie renouvelable,
Directeur exécutif, Waterloo Institute for Sustainable Energy

À titre personnel

Sandy McEwan, conseiller spécial sur les isotopes médicaux
pour la ministre de la Santé

2009/08/21

30

ANNEXE A

Liste des témoins

Deuxième session, 40^e législature

Organisations et individus	Date	Réunion
Ministère de la Santé Meena Ballantyne, sous-ministre adjointe, Direction générale des produits de santé et des aliments Cassie J. Doyle, sous-ministre Serge Dupont, sous ministre délégué L'hon. Lisa Raitt, ministre des Ressources naturelles Tom Wallace, directeur général, Direction des ressources en électricité	2009/06/02	23
Ministère des Ressources naturelles Michael M. Binder, président Peter Elder, directeur général, Direction de la réglementation du cycle et des installations nucléaires Energie atomique du Canada limitée Hugh MacDiarmid, président-directeur général William Pilkington, vice-président principal et agent principal du nucléaire	2009/06/04	24
Commission canadienne de sûreté nucléaire Edward Lyons O.C., président Jacques Lévesque, vice-président Association des médecins spécialistes en médecine nucléaire du Québec François Lamoureux, président Hamilton Health Sciences et St. Joseph's Healthcare Hamilton Karen Guilechyn, directrice médicale, Département de médecine nucléaire Association canadienne de médecine nucléaire Peter Hollet, président sortant Jean-Luc Urbain, président À titre personnel John Waddington, conseiller en sûreté nucléaire	2009/06/11	26

107

Selon EACL, la majeure partie des fonds sont réservés « aux besoins financiers imprévus associés au parachèvement des projets visant à prolonger la durée de vie utile des centrales de Bruce Power et de Point Lepreau ». Voir Hugh MacDiarmid, EACL, *Témoignages*, 30 mars 2010.

106

Réponse du gouvernement du Canada au rapport du Groupe d'experts sur la production d'isotopes médicaux, 31 mars 2010.

Si le gouvernement a l'intention de se retirer du secteur de la production d'isotopes, comme l'a indiqué le premier ministre, le Comité recommande qu'il fasse une déclaration publique et dépose une stratégie de retrait détaillée, y compris ses plans concernant le maintien en service du réacteur NRU jusqu'en 2016.

RECOMMANDATION 18 :

Le Comité recommande également que le gouvernement fasse une déclaration publique afin d'indiquer clairement s'il a l'intention de se retirer du volet offre de la production d'isotopes d'ici 2016.

RECOMMANDATION 17 :

Outre ces mesures, le Comité recommande que le gouvernement du Canada veille à dédommager les provinces et les territoires pour l'augmentation du coût du technétium 99m et les coûts de gestion supplémentaires auxquels ont dû faire face les autorités de la santé à la suite de la pénurie d'isotopes médicaux.

RECOMMANDATION 16 :

réacteur CANDU avancé, la fourniture sécuritaire d'isotopes médicaux et le maintien d'activités fiables et sécuritaires aux laboratoires de Chalk River¹⁰⁶ ». Selon Hugh MacDiarmid, ces fonds serviront à appuyer un certain nombre d'activités, « dont quelques-unes sont liées à la réparation du réacteur NRU et aux préparatifs pour présenter une nouvelle demande de permis ou la prolongation du permis du réacteur NRU¹⁰⁷ ».

RÉPONSE DU GOUVERNEMENT DU CANADA À L'ARRÊT DU RÉACTEUR NATIONAL DE RECHERCHE UNIVERSSEL

Le gouvernement du Canada a fait savoir qu'il a pris des mesures en réponse à l'arrêt du réacteur NRU et à la pénurie consécutive d'isotopes médicaux, à savoir :

1) Demander à EACL de faire de la remise en service du réacteur NRU la priorité principale et prévoir des fonds, dans le budget fédéral, pour financer les activités courantes d'EACL.

2) Elaborer un plan d'action pour augmenter la sécurité à long terme de l'approvisionnement en isotopes médicaux en investissant dans la recherche et le développement afin de prouver les nouvelles technologies ayant un potentiel commercial; optimiser l'utilisation des approvisionnements disponibles et, s'il y a lieu, des solutions de rechange; travailler avec la collectivité internationale pour coordonner l'approvisionnement mondial d'isotopes médicaux¹⁰⁴.

3) Dans le budget de 2010, fournir 48 millions de dollars sur deux ans pour la recherche, le développement et les applications des isotopes médicaux¹⁰⁵, notamment :

- Accorder 35 millions de dollars à Ressources naturelles Canada pour financer des travaux de recherche-développement portant sur de nouvelles technologies de production d'isotopes;
- Verser un montant supplémentaire de 10 millions de dollars aux Instituts de recherche en santé du Canada pour l'établissement d'un réseau d'essais cliniques qui permettra de mettre en application les recherches sur les isotopes et les technologies d'imagerie dans la pratique clinique;
- Accorder une somme de 3 millions de dollars à Santé Canada pour travailler avec les intervenants et optimiser l'utilisation des isotopes médicaux dans le système de soins de santé.

Le budget de 2010 prévoit par ailleurs une somme de 300 millions de dollars (comptabilité de caisse) en 2010-2011 pour couvrir « des pertes commerciales anticipées et appuyer les activités d'EACL, notamment la poursuite des travaux d'élaboration du

104 Réponse du gouvernement du Canada au rapport du Groupe d'experts sur la production d'isotopes médicaux, 31 mars 2010.

105 Budget de 2010, <http://www.budget.gc.ca/2010/pdf/budget-planbudgetaire-tra.pdf>.

Malgré d'importants efforts déployés à l'échelle internationale pour produire des isotopes supplémentaires, l'offre mondiale d'isotopes médicaux demeure, au mieux, instable. Tous les grands réacteurs qui en produisent ont à peu près l'âge du NRU (voir le tableau 2) et la viabilité de leur production d'isotopes est incertaine. En outre, ils doivent tous subir des arrêts prévus de maintenance¹⁰².

Tableau 4 — Âge des grands réacteurs de production

Lieu	Réacteur	Âge
Chalk River, Canada	NRU	51
Mol, Belgique	BR2	47
Petten, Pays-Bas	HFR	47
Pelindaba, Afrique du Sud	SAFARI-1	43
Saclay, France	OSIRIS	42

Source : Ressources naturelles Canada.

D'autres réacteurs pourraient contribuer éventuellement à l'offre mondiale d'isotopes médicaux. Mentionnons un réacteur argentin, qui pourrait exporter de modestes quantités en Amérique du Nord; le réacteur Jules Horowitz en France, qui doit entrer en service d'ici 2015; enfin, le réacteur de recherche de l'Université du Missouri qui pourrait être adapté pour produire du ⁹⁹Mo, malgré qu'il n'y ait encore rien d'engagé pour cela¹⁰³.

RECOMMANDATION 15 :

Le Comité recommande que le gouvernement reconnaisse que le réacteur NRU, étant donné son âge, ne constitue pas une solution à long terme crédible ou durable, mais qu'il demeure d'une importance critique pour l'approvisionnement à court terme en isotopes, tant à l'échelle nationale qu'à l'échelle internationale.

102 Steve West, MDS Nordion, *Témoignages*, 11 juin 2009.
 103 Serge Dupont, Ressources naturelles Canada, *Témoignages*, 2 juin 2009.

faisant ainsi obstacle à la mise en marché. On ignore si un recyclage complet du ¹⁰⁰Mo pourrait réduire substantiellement les coûts, car la possibilité d'un tel recyclage reste à démontrer, ce qui exigera des efforts importants en matière de recherche-développement. En outre, pour produire les quantités voulues, ce type d'accélérateur devrait probablement servir uniquement à la production d'isotopes, ce qui, à l'instar de la photofission, amoindrit la rentabilité de cette option. Du point de vue environnemental, le Groupe d'experts a indiqué que cette option est plus avantageuse que l'option de la photofission parce qu'elle ne génère aucun déchet nucléaire⁹⁹.

RECOMMANDATION 12 :

Le Comité recommande que le gouvernement fédéral tire leçon de l'échec des réacteurs MAPLE et de l'incidence qu'a eu la fermeture du NRU sur l'approvisionnement au Canada, et qu'il cherche à diversifier et à sécuriser ses sources d'approvisionnement en isotopes médicaux à moyen et à long termes, en finançant plusieurs projets à même l'enveloppe de 35 millions de dollars annoncés dans le dernier budget fédéral.

RECOMMANDATION 13 :

Le Comité recommande en outre que le gouvernement fédéral étudie à fond tous les projets de production de produits de remplacement et continue de soutenir la recherche et le développement de nouvelles technologies.

RECOMMANDATION 14 :

En particulier, le Comité recommande que le gouvernement continue de financer la recherche dans le domaine de la technologie des accélérateurs, tant les accélérateurs linéaires que les cyclotrons.

C. Fournisseurs hors du Canada

Peu après l'arrêt du réacteur NRU, le réacteur de Petten aux Pays-Bas a accru sa production de 50 % et le réacteur SAFARI en Afrique du Sud, de 20 %. En outre, la Belgique a accru sa capacité de traitement « en raison des plus grands volumes d'irradiation par les réacteurs européens » et l'Australie a « intensifié ses efforts pour remettre son réacteur OPAL en service¹⁰⁰ ». L'Australie a également commencé à produire des isotopes médicaux pour ses besoins intérieurs, ce qui libère l'offre de l'Afrique du Sud pour l'exportation vers un autre pays¹⁰¹. La situation a toutefois changé lorsque le réacteur de Petten a été interrompu temporairement comme prévu, en février 2010, ce qui a aggravé considérablement la pénurie mondiale.

99

Ibid.

100

Serge Dupont, Ressources naturelles Canada, *Témoignages*, 21 août 2009.

101

Richard Côté, EACL, *Témoignages*, 19 octobre 2009.

recherche-développement et les questions de réglementation, la production commerciale du ^{99m}Tc pourrait commencer entre 2011 et 2014⁹³.

Accélérateurs linéaires

Option de la photofission

Le groupe TRIUMF de l'Université de la Colombie-Britannique (UBC) a proposé une autre méthode de production de ^{99}Mo grâce aux interactions nucléaires avec l'uranium naturel. Dans l'option de la photofission, « un accélérateur linéaire d'électrons de haute énergie bombarderait un convertisseur pour créer un faisceau intense de photons afin de produire du ^{99}Mo grâce aux interactions nucléaires avec l'uranium naturel⁹⁴ ». Un nouveau réacteur de recherche polyvalent, le e-linac ou accélérateur d'électron linéaire supraconducteur, est en voie de construction à l'UBC et servira à valider cette option⁹⁵.

Selon le Groupe d'experts, le concept de la photofission nécessite d'importantes activités de recherche-développement pour la conception de la cible et du convertisseur, la capacité de refroidissement et l'optimisation de l'ensemble du processus. Cette technologie s'intégrerait facilement dans la chaîne d'approvisionnement, mais elle générerait d'importantes quantités de déchets nucléaires. En outre, pour atteindre les niveaux de production requis, l'accélérateur doit être uniquement dédié à la production d'isotopes, ce qui est loin d'être rentable puisque l'important investissement en immobilisations ne peut être réparti en plusieurs missions⁹⁶.

Option de la transmutation du ^{100}Mo

Un accélérateur linéaire d'électrons peut produire du ^{99}Mo par la transmutation de ^{100}Mo , une option proposée par le Conseil national de recherche⁹⁷. Selon le Groupe d'experts, « cette option exige d'importantes activités de R. et D. en ce qui concerne la conception des cibles et les capacités de refroidissement, de même que la mise au point et la commercialisation d'un nouveau type de générateur ». Des doutes ont également été émis selon lesquels les hôpitaux pourraient refuser l'utilisation des nouveaux générateurs et que ce produit ne soit donc pas en mesure de concurrencer les générateurs classiques⁹⁸.

Selon le Groupe d'experts, le ^{100}Mo purifié n'est actuellement pas produit commercialement. Le coût de production des quantités nécessaires risque d'être élevé,

93	<i>Ibid.</i>	
94	<i>Ibid.</i>	
95	Tim Meyer, TRIUMF, <i>Témoignages</i> , 25 mars 2010.	
96	Rapport du Groupe d'experts sur la production d'isotopes médicaux, 30 novembre 2009, http://www.nrcan.gc.ca/eneene/sources/uranuc/pdf/panrep-rapep-fra.pdf .	
97	Nigel Lockyer, TRIUMF, <i>Témoignages</i> , 16 juin 2009.	
98	Rapport du Groupe d'experts sur la production d'isotopes médicaux, 30 novembre 2009, http://www.nrcan.gc.ca/eneene/sources/uranuc/pdf/panrep-rapep-fra.pdf .	

Cyclotrons

Le réacteur McMaster, dont le permis d'exploitation expirera en 2014, fonctionne à 3 mégawatts, 16 heures par jour, cinq jours par semaine. Selon McMaster, il devrait fonctionner 24 heures sur 24, 7 jours sur 7 pour produire la quantité d'isotopes proposée.

Les cyclotrons sont des accélérateurs de particules circulaires. Même s'ils produisent déjà certains isotopes médicaux (comme le thallium 201, l'iode 125 et le gallium 67), ils ne peuvent encore produire de ^{99m}Tc pour usage médical à grande échelle. Selon Tim Meyer, les cyclotrons actuels ont la capacité de produire des quantités limitées de ^{99m}Tc en bombardant du molybdène 100 avec des protons. Des essais cliniques chez les humains pourraient être réalisés dans un délai de 18 mois, et la technologie pourrait être déployée sans qu'il ne soit nécessaire d'apporter d'importantes modifications au matériel déjà en service au Canada. Par contre, les isotopes produits par des cyclotrons ont une courte demi-vie, ce qui limite leur utilisation aux hôpitaux et radiopharmacies locaux. Selon M. Meyer, cela ne semble toutefois pas être un gros problème étant donné que la plupart des régions habitées du Canada sont concentrées près des grands centres démographiques⁹⁰. Le Comité se préoccupe du fait que si les cyclotrons n'étaient installés qu'à proximité des grands centres démographiques, certaines communautés rurales pourraient y avoir accès plus difficilement.

Selon le Groupe d'experts, il est difficile d'évaluer la part du marché canadien susceptible d'être couverte par les cyclotrons étant donné que cette technologie est encore au stade de développement. Toutefois, cette option est intéressante car l'infrastructure des cyclotrons peut être utilisée pour d'autres fins tout en constituant une source d'approvisionnement supplémentaire⁹¹.

Le Comité ignore combien coûtera l'option des cyclotrons. Selon le Groupe d'experts, les coûts des activités intensives de recherche-développement pour la production de ^{99m}Tc à partir de cyclotrons peuvent être relativement faibles étant donné qu'on dispose déjà de l'infrastructure nécessaire pour entreprendre la recherche, la démonstration et la production initiale. Toutefois, la production et la commercialisation à grande échelle du ^{99m}Tc pourraient être très coûteuses en raison de la rareté du ^{100}Mo , qui n'est pas produit commercialement⁹².

La production de ^{99m}Tc à partir de cyclotrons pourrait demander une validation plus approfondie par les organismes de réglementation en matière de santé, par rapport à d'autres options. Par contre, les cyclotrons ne produisent pas de déchets nucléaires et constituent une option avantageuse en matière de calendrier. Selon les résultats de la

92

Ibid.

91

Rapport du Groupe d'experts sur la production d'isotopes médicaux, 30 novembre 2009, <http://www.rmcan.gc.ca/eneene/sources/uranuc/pdf/panrep-rapexp-fra.pdf>.

90

Tim Meyer, TRIUMF, Témoignages, 25 mars 2010.

réacteurs et qui ne nécessitent pas l'engagement de coûts supplémentaires de la part du gouvernement, le Comité recommande que le gouvernement du Canada demeure disposé à examiner la proposition.

Réacteur nucléaire de McMaster

Le réacteur nucléaire de l'Université McMaster de Hamilton, en Ontario, est un réacteur d'essais de matériaux (materials test reactor — MTR) de 5 mégawatts. L'Université a proposé de produire assez de ⁹⁹Mo pour satisfaire à environ 20 % de la demande nord-américaine à moyen terme, soit près de quatre fois la demande canadienne⁸⁵. Le réacteur a déjà produit des isotopes médicaux dans les années 1970. Toutefois, la chaîne d'approvisionnement actuelle n'est pas conçue pour intégrer de grandes quantités d'isotopes produites à Hamilton (Ontario). De plus, M. Christopher Heyssel, directeur Activités et installations nucléaires, réacteur nucléaire McMaster, a indiqué que même si la production d'isotopes proposée aura la même composition chimique pour les cibles, la cible du réacteur NRU comporte une géométrie différente de celle du réacteur McMaster, qui se présente sous forme plissée⁸⁶. EACL a fait savoir que elle était favorable à la proposition de McMaster « sous toute réserve », soulignant que des problèmes d'ordre logistique liés au transport de matières radioactives dans les régions du Grand Toronto et de Hamilton pourraient entraver la mise en œuvre de cette option⁸⁷.

Le Groupe d'experts a fait valoir que le recours à d'autres réacteurs de recherche ou de puissance existants pour l'irradiation de cibles destinées à la production de ⁹⁹Mo exige l'utilisation de cibles d'UHE pour obtenir une production rentable et que, conformément aux efforts internationaux en matière de non-prolifération nucléaire, les options fondées sur l'utilisation de l'UHE devraient être considérées comme alternative pour répondre aux pénuries à court terme. Convertir un réacteur pour passer des cibles d'UHE (à environ 93 % de U-235) à des cibles UFE (moins de 20 % de U-235) conduit à une baisse de la production d'isotopes à un cinquième de son efficacité pour une même quantité d'uranium et nécessite des modifications structurelles (conception de nouvelles cibles). Cela entraîne par ailleurs d'autres coûts en raison des rendements faibles et de l'augmentation des déchets⁸⁸. Selon le site Web de l'Université McMaster, « le réacteur [McMaster] subit actuellement une conversion de l'uranium hautement enrichi à l'uranium faiblement enrichi [...] »⁸⁹.

85	Christopher Heyssel, directeur, Activités et installations nucléaires, McMaster Nuclear Reactor, Université McMaster, <i>Témoignages</i> , 16 juin 2009.	
86	<i>Ibid.</i>	
87	Hugh MacDiarmid, EACL, <i>Témoignages</i> , 21 août 2009.	
88	Rapport du Groupe d'experts sur la production d'isotopes médicaux, 30 novembre 2009, http://www.mcan.gc.ca/eneene/sources/uranuc/pdf/panrep-rapexp-fra.pdf .	
89	Université McMaster, <i>McMaster Nuclear Engineering and Science</i> , http://engphys.mcmaster.ca/research/areas/nuc.htm .	

79	Jean Koclas, École polytechnique Montréal, Daniel Meneley, University of Ontario Institute of Technology, et Jatin Nathwani, Université de Waterloo, <i>Témoignages</i> , 18 juin 2009.
80	Steve West, MDS Nordion, <i>Témoignages</i> , 11 juin 2009.
81	John Waddington, conseiller en sûreté nucléaire, <i>Témoignages</i> , 11 juin 2009.
82	Hugh MacDiarmid, EACL, <i>Témoignages</i> , 4 juin 2009.
83	Rapport du Groupe d'experts sur la production d'isotopes médicaux, 20 novembre 2009, http://www.mcan.gc.ca/eneene/sources/uranuc/pdf/panrep-rapexp-tra.pdf .
84	Daniel Banks, à titre personnel, <i>Témoignages</i> , 25 mars 2010.

Recommandation 11 : Si le secteur privé présente pour les réacteurs MAPLE une proposition qui tient pleinement compte des risques commerciaux associés aux

Le Groupe d'experts soutient que les réacteurs MAPLE, qui sont conçus exclusivement pour la production d'isotopes à partir d'UHE, « engendrent d'importants défis en ce qui a trait à d'éventuelles adaptations [...], pour la planification d'une conversion à l'UFE ». En outre, le Groupe d'experts a indiqué que « même si les infrastructures existantes ne coûtaient rien, la rationalité économique d'un [...] projet [MAPLE] soulève des interrogations en raison des coûts d'opération élevés impossibles à répartir entre plusieurs fonctions ». Les réacteurs MAPLE ne pourraient générer tous les isotopes produits par le réacteur NRU, dont le cobalt-60 (utilisé pour le traitement du cancer) et d'autres isotopes à des fins industrielles, et servir à la recherche sur les matériaux avancés⁸⁴.

Par contre, John Waddington, consultant en sûreté nucléaire, a indiqué que les réacteurs pourraient en principe être mis en service, mais a ajouté que cela nécessiterait « beaucoup [...] d'efforts humains » et financiers⁸¹. Par ailleurs, Hugh MacDiarmid, estime que les réacteurs MAPLE ne sont pas une option viable à court terme puisqu'il faudrait « bien des années et des centaines de millions de dollars avant qu'ils reçoivent une licence et soient mis en service⁸² ».

Les avis sont partagés sur la possibilité de relancer le projet des réacteurs MAPLE. Jatin Nathwani, titulaire d'une chaire de recherche de l'Ontario en politiques publiques et en gestion de l'énergie renouvelable, Jean Koclas, professeur à l'Institut de génie nucléaire de l'École polytechnique Montréal, et Daniel Meneley, doyen par intérim de la Faculty of Energy Systems and Nuclear Science de l'University of Ontario Institute of Technology, se sont exprimés en faveur de la relance du projet. M. Meneley déclarant que « en dépit des faiblesses évidentes associées aux réacteurs MAPLE, [...] le redémarrage et la mise en service de ces installations sont sans doute la voie à privilégier⁷⁹ ». En outre, Steve West, président de MDS Nordion, a cité un rapport de la National Academy of Sciences qui affirme qu'EACL pourrait probablement conclure un contrat avec un autre organisme afin de se procurer l'expertise ou les ressources techniques nécessaires pour corriger les réacteurs MAPLE. Le comité qui a rédigé le rapport « suppose que le pire des scénarios pour corriger les réacteurs MAPLE comporte le remplacement des cœurs des réacteurs », ce qui coûterait probablement moins cher que d'en construire un nouveau⁸⁰.

une décision [...] afin de minimiser tout écart entre le démarrage de ce nouveau réacteur et la fermeture permanente du réacteur NRU⁷⁴ ».

Le Groupe d'experts reconnaît qu'il s'agit de l'option la plus coûteuse et souligne que même si les coûts de la construction d'un nouveau réacteur peuvent être partagés entre plusieurs activités, la production des isotopes ne compense que de 10 à 15 % de ces coûts. Il conclut donc que la construction d'un nouveau réacteur doit être justifiée, dans une large mesure, grâce aux autres missions qu'on pourrait lui confier. Il a par ailleurs recommandé que tout nouveau réacteur produisant du ⁹⁹Mo devra utiliser des cibles d'uranium faiblement enrichi, conformément aux efforts internationaux en matière de non-prolifération nucléaire. Si l'on utilise de l'uranium faiblement enrichi, il sera nécessaire de procéder à des activités de recherche-développement pour optimiser la production d'isotopes et gérer les importants volumes de déchets⁷⁵.

Le Centre canadien des neutrons, à Chalk River, a été proposé pour remplacer le réacteur NRU en tant que nouveau réacteur de recherche polyvalent capable de produire du ⁹⁹Mo des sa conception. En outre, selon M. Serge Dupont, « La province de la Saskatchewan s'est également dite intéressée à discuter avec le gouvernement du Canada pour peut-être conclure des arrangements concernant un réacteur de recherche et, éventuellement, la production d'isotopes⁷⁶. »

RECOMMANDATION 10 :

Le Comité recommande que le gouvernement du Canada étudie la faisabilité d'un nouveau réacteur de recherche multifonction afin d'évaluer avec précision les coûts de construction et d'exploitation, ainsi que les sources de revenus possibles, et qu'il présente les résultats de son étude au Parlement.

Réacteurs MAPLE

Les réacteurs MAPLE (*Multipurpose Applied Physics Lattice Experiment*) 1 et 2, situés aux laboratoires d'EACL à Chalk River, ont été conçus et construits exclusivement pour produire, à contrat, des isotopes médicaux. Initialement destinés à remplacer la production d'isotopes du réacteur NRU vieillissant, ils n'ont jamais été pleinement mis en service parce que leur comportement n'était pas conforme à celui de la modélisation. Selon EACL, ils ne satisfaisaient pas aux exigences de sécurité, car l'écart ne s'expliquait pas clairement. M. MacDiarmid a déclaré au Comité que les réacteurs MAPLE ont coûté à EACL 250 millions de dollars⁷⁷, ce qui exclut la part assumée par MDS Nordion. Les réacteurs sont présentement en mode d'arrêt prolongé⁷⁸.

74	<i>Ibid.</i>
75	<i>Ibid.</i>
76	Serge Dupont, Ressources naturelles Canada, <i>Témoignages</i> , 2 juin 2009.
77	Hugh MacDiarmid, EACL, <i>Témoignages</i> , 4 juin 2009.
78	<i>Ibid.</i> , 21 août 2009.

Tableau 3 : Renseignements clés sur les options technologiques proposées

Technologie	Coûts	Délais (jusqu'au début de la production)	Capacité (pourcentage de la demande canadienne**)
Réacteur de recherche polyvalent	>500 M\$	2015-2020	500 %***
Réacteurs MAPLE	50 M-250 M\$	2011-2017	2 800 % (avant la conversion à l'UFE)*
Autres réacteurs existants (p. ex. le réacteur McMaster)	50 M-250 M\$	2011-2013	Variable; peut atteindre, voire dépasser 100 %
Cyclotron	<50 M\$ (pour 5 nouvelles installations et 3 existantes)	2011-2014	180 % (à partir de 8 cyclotrons)
Accélérateur linéaire – photofission	250 M-500 M\$ (pour 4 installations)	2013-2015	100 % (à partir de 4 accélérateurs)
Accélérateur linéaire – transmutation du ¹⁰⁰ Mo	50 M-250 M\$ (pour 2 installations)	2013-2015	Plus de 100 % (à partir de 2 accélérateurs)

* La capacité de produire du ⁹⁹Mo au moyen d'un réacteur utilisant des cibles d'UFE est limitée davantage par l'efficacité de l'installation de production que par le réacteur comme tel.

** D'après l'estimation de la demande canadienne de ^{99m}Tc, qui se chiffre à 32 000 doses (470 Ci de six jours de ⁹⁹Mo brut) par semaine.

*** D'après la capacité estimée du réacteur, sans égard aux limites de l'installation de production.

Adapté du Rapport du Groupe d'experts sur la production d'isotopes médicaux.

Nouveau réacteur de recherche polyvalent

Le Groupe d'experts soutient que la construction d'un nouveau réacteur de recherche polyvalent est l'option qui présente « le plus grand nombre d'avantages concomitants, compte tenu de l'importance des recherches prévues et de leurs retombées en matière de propriété intellectuelle, de création d'emplois et de formation ». De plus, comme le NRU approche la fin de sa vie utile, « il est important de prendre rapidement

B. Options d'approvisionnement du Canada

Conformément aux efforts déployés à l'échelle internationale à l'égard de la non-prolifération nucléaire, l'utilisation d'uranium faiblement enrichi (UFE) dans les réacteurs nucléaires à des fins civiles commence à prendre le pas sur l'uranium hautement enrichi (UHE). L'UFE a une concentration d'U-235 inférieure à 20 %, alors qu'elle est de 93 % dans l'UHE. Ce dernier, qui sert également à la production d'armes nucléaires, a été l'option privilégiée pour la production d'isotopes parce que hausser la concentration d'U-235 à plus de 90 % permet de maximiser la production de ⁹⁹Mo. La production à grande échelle de ⁹⁹Mo à partir de cibles d'UFE doit encore faire l'objet de recherche-développement, d'une part pour optimiser le processus de production d'isotopes et d'autre part, pour gérer la hausse du volume de déchets ⁷³.

Les sections qui suivent traitent des principales options technologiques pour la production d'isotopes médicaux au Canada selon le Groupe d'experts et différents témoins. Le tableau 3 résume les renseignements disponibles sur chacune des options. Pour une foule de raisons, le Comité n'a pas obtenu l'information nécessaire pour réaliser une analyse coûts-avantages des coûts en capital ou de production définitifs de chaque option.

osseuses effectuées pour les cancers en pédiatrie, en raison des doses relativement fortes de radiation émises⁶⁷.

- Coûts élevés. Selon le Dr Karen Gulenchyn, directrice médicale du département de médecine nucléaire, Hamilton Health Sciences et St. Joseph's Healthcare Hamilton, une dose de fluorodéoxyglucose (l'un des isotopes utilisés pour la TEP) coûte au moins de 250 à 300 \$, alors qu'une dose d'un produit à base de ^{99m}Tc coûte entre 15 et 20 \$⁶⁸. (Par contre, Tim Meyer, directeur, Planification stratégique et communication, TRIUMF, a fait valoir que « la mise en œuvre de cette technologie pourrait représenter un avantage de dizaines de milliers de dollars par patient⁶⁹ ».)

Selon M. Villeneuve, la technologie de la TEP « devrait prendre davantage d'ampleur dès que l'équipement et l'infrastructure seront bâtis⁷⁰ ». M. Meyer a indiqué qu'« au cours des 10 prochaines années, il est assez probable que le Canada opte pour un réseau de production d'isotopes TEP⁷¹ ».

Outre la TEP, l'Association canadienne de médecine nucléaire préconise une gamma-caméra utilisant un détecteur à cristal à semi-conducteurs et un logiciel de reprise de résolution. Selon le Dr Urbain, la nouvelle caméra est « la solution [à court, moyen et long termes] applicable immédiatement⁷² » qui utilise de deux à trois fois moins de ^{99m}Tc que les appareils de TEM conventionnels.

RECOMMANDATION 8 :

Compte tenu de ce témoignage, le Comité recommande que le gouvernement fédéral favorise au besoin le recours à d'autres isotopes médicaux pour les diagnostics.

RECOMMANDATION 9 :

De plus, le Comité recommande que le gouvernement du Canada encourage le développement de la technologie d'émission de positrons à la lumière des essais précliniques et cliniques effectués en Europe et aux États-Unis.

67	Meena Ballantyne, Direction générale des produits de santé et des aliments, Santé Canada, <i>Témoignages</i> , 2 juin 2009.
68	Karen Gulenchyn, département de médecine nucléaire, Hamilton Health Sciences et St. Joseph's Healthcare Hamilton, <i>Témoignages</i> , 9 juin 2009.
69	Tim Meyer, TRIUMF, <i>Témoignages</i> , 25 mars 2010.
70	Cyrille Villeneuve, Lantheus Imagerie Médicale, <i>Témoignages</i> , 25 mars 2010.
71	Tim Meyer, TRIUMF, <i>Témoignages</i> , 25 mars 2010.
72	Jean-Luc Urbain, Association canadienne de médecine nucléaire, <i>Témoignages</i> , 19 octobre 2009.

DMSA pour la scintigraphie rénale et le HAS, pour les hémorragies gastro-intestinales et certains examens cardiaques⁵⁹.

La pénurie d'isotopes a toutefois eu pour effet d'accroître l'intérêt envers d'autres technologies et des modalités d'imagerie comme la TEP. La TEP ne dépend pas de réacteurs nucléaires parce qu'elle peut utiliser des isotopes fabriqués à partir de cyclotrons installés dans des hôpitaux et des universités. Selon Cyrille Villeneuve, vice-président de Lantheus Imagerie médicale, la technologie constitue une bonne solution de rechange à la technologie conventionnelle offrant « davantage de sensibilité et de précision⁶⁰ ». Le Dr Eric Turcotte, professeur et chef clinique du Centre d'imagerie moléculaire de Sherbrooke, s'est dit du même avis, indiquant que la TEP est « de loin le meilleur service que l'on puisse rendre à la population canadienne pour ce qui est du diagnostic du cancer et d'autres problèmes⁶¹ ».

Bien des experts voient la TEP comme « la technologie de l'avenir⁶² ». Par exemple, Nigel Lockyer, directeur de TRIUMF, a mentionné au Comité que l'imagerie TEP est « la composante de la physique nucléaire qui connaît l'essor le plus rapide », ajoutant que « [l']an dernier, les ventes de caméras TEP aux États-Unis ont été supérieures à celles des caméras TEMF [tomographie d'émission monophotonique] qui utilisent le ⁹⁹Mo⁶³ ». Par contre, la technologie est confrontée à plusieurs défis au Canada, dont les suivants :

- Disponibilité limitée et répartition géographique inégale. Des quelque 31 appareils installés au Canada, 15 sont au Québec⁶⁴. En comparaison, il y a 85 tomographes en France, 75 en Allemagne et 20 en Belgique⁶⁵.
- Courte demi-vie des isotopes fabriqués par le cyclotron (de 10 minutes à trois heures, comparativement à six heures pour le technétium et à 66 heures pour le molybdène⁶⁶). Il faut donc en produire tous les jours selon les besoins des patients⁶⁶.
- Incapacité de remplacer le ^{99m}Tc pour certaines interventions médicales. Par exemple, la TEP ne peut être utilisée dans les scintigraphies

59	Groupe inter-services ad hoc de la Commission européenne concernant l'approvisionnement en radio-isotopes à usage médical. <i>Preliminary Report on Supply of Radioisotopes for Medical Use and Current Development in Nuclear Medicine</i> , 30 octobre 2009.
60	Cyrille Villeneuve, Lantheus Imagerie Médicale, <i>Témoignages</i> , 25 mars 2010.
61	Eric Turcotte, Centre d'imagerie moléculaire de Sherbrooke, à titre personnel, <i>Témoignages</i> , 25 mars 2010.
62	<i>Ibid.</i>
63	Nigel Lockyer, TRIUMF, <i>Témoignages</i> , 16 juin 2009.
64	Eric Turcotte, Centre d'imagerie moléculaire de Sherbrooke, à titre personnel, <i>Témoignages</i> , 25 mars 2010.
65	Jean-Luc Urbain, Association canadienne de médecine nucléaire, <i>Témoignages</i> , 19 octobre 2009.
66	Eric Turcotte, Centre d'imagerie moléculaire de Sherbrooke, à titre personnel, <i>Témoignages</i> , 25 mars 2010.

Tableau 2 : ^{99m}Tc et isotopes médicaux de rechange

Isotope	Usage	Observations
Technétium 99 m (^{99m} Tc)	Imagerie cardiaque, scintigraphie osseuse, diagnostics du cancer et scintigraphies d'organes générales	Utilisé dans près de 82 % des injections de radiopharmaceutiques à des fins diagnostiques
Thallium 201 (TI 201)	Imagerie cardiaque	Doses de radiation plus élevées et images de moins bonnes qualités que celles obtenues à partir du ^{99m} Tc
Indium 111 (In 111)	Diagnostiques spécialisés et catégorisation des composants des cellules	Doses de radiation plus élevées et images de moins bonnes qualités que celles obtenues à partir du ^{99m} Tc
Iode 123 (I 123)	Scintigraphie rénale	Plus coûteux et plus rare que le ^{99m} Tc
Krypton 81m (Kr81m)	Imagerie et étude de la ventilation pulmonaire	Usages limités et beaucoup plus coûteux que le ^{99m} Tc
¹⁸ fluorodéoxyglucose (¹⁸ FDG)	Scintigraphie osseuse	Utilisé avec la caméra de TEP; nécessite un cyclotron à proximité

Adapté du rapport du groupe inter-services ad hoc de la Commission européenne concernant l'approvisionnement en radio-isotopes à usage médical.

Les médecins ont recours à certaines procédures pour pallier les problèmes occasionnés par l'arrêt du NRU, mais celles-ci ne peuvent remplacer le ^{99m}Tc que temporairement parce qu'elles sont moins efficaces, accessibles et fiables⁵⁶. L'accès à d'autres procédures, comme la tomodensitométrie et l'IRM, est limité; l'utilisation de l'échocardiographie pour vérifier la fonction cardiaque ne convient pas à 15 ou 20 % des patients⁵⁷; et le thallium génère une dose de radiations beaucoup plus élevée que d'autres radiopharmaceutiques, en plus de produire des images de moins bonne qualité. Si le patient a une légère surcharge pondérale, la qualité de l'image est encore pire, ce qui augmente le risque de poser un diagnostic erroné⁵⁸. De plus, selon le groupe inter-services ad hoc de la Commission européenne concernant l'approvisionnement en radio-isotopes à usage médical, aucune alternative n'existe actuellement pour certains composés marqués par du technétium, comme les colloïdes (pour la détection du ganglion sentinelle dans les chirurgies liées au cancer), le MAA pour la scintigraphie pulmonaire de perfusion, le

- 56 *Ibid.*
57 Karen Gulenchyn, département de médecine nucléaire, Hamilton Health Sciences et St. Joseph's Healthcare Hamilton, *Témoignages*, 9 juin 2009.
58 Eric Turcotte, Centre d'imagerie moléculaire de Sherbrooke, à titre personnel, *Témoignages*, 25 mars 2010.

Les sections qui suivent traitent des principales procédures médicales et options d'approvisionnement citées par les témoins comme moyens actuels ou éventuels de sécuriser et de maintenir les approvisionnements futurs de ^{99}Mo et de $^{99\text{m}}\text{Tc}$ et d'autres matériaux, et d'éviter que la récente pénurie d'isotopes ne se produise de nouveau.

A. Procédures médicales de rechange

La médecine nucléaire est l'un des nombreux domaines d'application des techniques d'imagerie, et le $^{99\text{m}}\text{Tc}$ n'est pas le seul isotope à être utilisé pour diagnostiquer le cancer, même s'il sert normalement à environ 82 % des diagnostics par procédure nucléaire. Le tableau 2 compare le $^{99\text{m}}\text{Tc}$ à une liste d'isotopes médicaux qui pourraient le remplacer à brève échéance, selon le groupe interservices ad hoc de la Commission européenne concernant l'approvisionnement en radio-isotopes à usage médical⁵⁴. En outre, d'autres techniques peuvent remplacer le $^{99\text{m}}\text{Tc}$, dont la tomographie par émission de positrons (TEP), la radiographie, la tomodensitométrie (TDM), l'imagerie par résonance magnétique (IRM) et l'échographie⁵⁵.

54 Groupe interservices ad hoc de la Commission européenne concernant l'approvisionnement en radio-isotopes à usage médical. *Preliminary Report on Supply of Radioisotopes for Medical Use and Current Development in Nuclear Medicine*, 30 octobre 2009.

55 Meena Ballantyne, Direction générale des produits de santé et des aliments, Santé Canada, *Témoignages*, 2 juin 2009.

AUTRES OPTIONS DE PROCÉDURES ET D'APPROVISIONNEMENT

Le Groupe d'experts sur la production d'isotopes médicaux soutient qu'un approvisionnement durable de ^{99m}Tc devrait :

- 1) « être viable dans un avenir prévisible, vraisemblablement pour une durée d'au moins 15 à 20 ans, et peut inclure des options permettant un début de production à court et à moyen termes, mais tout en restant viable à long terme;

- 2) comprendre des options permettant de répondre à une portion significative de la demande, sans pour autant être basées au Canada, et qui pourraient ou ne pourraient pas desservir le marché des États-Unis ou d'autres marchés;

- 3) se fonder sur un modèle opérationnel solide qui pourrait ou non faire appel à la participation du gouvernement;

- 4) ne pas provenir d'uranium hautement enrichi (UHE), utilisé pour la fabrication d'armes, afin de respecter les engagements canadiens et internationaux concernant la non-prolifération nucléaire. »

En outre, le Groupe d'experts précise que l'approvisionnement sûr de ^{99m}Tc devrait :

- 1) « améliorer la redondance de toutes les étapes de la chaîne d'approvisionnement afin d'éviter le risque de « défaillance ponctuelle » dans une chaîne d'approvisionnement unique;
- 2) utiliser des technologies diverses en vue de se prémunir contre les pannes qui risquent de se produire si tous les fournisseurs utilisent la même technologie;
- 3) co-localiser les installations d'irradiation et de traitement afin de minimiser les pertes dues à la désintégration, et éviter les pertes et les risques liés au transport;
- 4) assurer une capacité suffisante pour répondre aux pénuries à court terme de certaines sources⁵³. »

des conditions, qui ne peuvent être obtenues autrement, des matériaux se trouvant à l'intérieur des réacteurs nucléaires⁴⁹. »

Selon M. Banks, « si pour une raison quelconque, nous ne pouvions plus disposer du réacteur NRU et si en même temps, on n'était pas certain de pouvoir exploiter de nouvelles installations, à mon avis, nous assisterions à l'exode d'une masse critique de scientifiques et les ingénieurs de grand talent qui y travaillaient chercheraient alors des emplois ailleurs⁵⁰. » En outre, la fermeture éventuelle du réacteur NRU pourrait provoquer un vide pour bien des scientifiques canadiens et étrangers qui l'utilisent pour la recherche. M. Ryan a expliqué que des équipes d'étudiants des cycles supérieurs et du post-doctorat sont emmenées au réacteur NRU « où une formation pratique leur est offerte par des experts en techniques des faisceaux de neutrons et où ils rencontrent des chercheurs venant de partout sur la planète. C'est la prochaine génération de chercheurs au Canada. Mais si le réacteur n'est pas remplacé, où iront-ils⁵¹? » Selon Linda Keen, on ignore encore quelle sera l'ampleur du vide qu'entraînerait la fermeture éventuelle du réacteur NRU comme réacteur de recherche⁵².

RECOMMANDATION 7 :

Compte tenu du rôle essentiel joué par le Canada dans la recherche sur les isotopes médicaux, le Comité recommande que le gouvernement du Canada soutienne la recherche permanente sur les isotopes médicaux.

49 Daniel Banks, à titre personnel, *Témoignages*, 25 mars 2010.

50 *Ibid.*

51 Dominic Ryan, Institut canadien de la diffusion des neutrons, *Témoignages*, 16 juin 2009.

52 Linda Keen, à titre personnel, *Témoignages*, 16 juin 2009.

RECOMMANDATION 6 :

Enfin, le Comité recommande que le gouvernement s'efforce de garantir une production soutenue d'isotopes au Canada, de manière à raffermir l'offre de ces produits et à assurer un approvisionnement continu malgré les fluctuations de l'offre à l'échelle internationale.

C. Conséquences pour la recherche

Outre la production d'isotopes médicaux, le réacteur NRU sert aussi à la recherche. Selon Dominic Ryan⁴⁴, président de l'Institut canadien de la diffusion des neutrons, les faisceaux de neutrons émis par le cœur du réacteur permettent d'étudier de nouveaux matériaux, dont « les supraconducteurs haute température critique, grâce auxquels le transport de l'énergie électrique pourrait se faire sans perte, les matériaux de stockage de l'hydrogène, les électrodes de piles permettant une utilisation plus écologique de l'énergie et les composites et superalliages à haute résistance qui révolutionneront la fabrication dans l'avenir ». La recherche et le développement soutiennent l'industrie canadienne en générant des « connaissances uniques [qui] aident les entreprises à concevoir des produits plus compétitifs qui sont sûrs, fiables et de fabrication moins coûteuse ». Le réacteur contribue par ailleurs à « l'intendance [du] parc CANDU [du Canada] et à la conception de la prochaine génération de réacteurs ». Selon M. Ryan, la recherche et la formation soutenues par les installations du NRU « mettent le Canada en valeur en tant que chef de file mondiale dans le domaine de la technologie⁴⁵ ».

Le NRU n'est pas la seule installation de recherche dans le domaine du nucléaire au Canada. Par exemple, le réacteur nucléaire de 5 mégawatts de l'Université McMaster sert principalement à des fins de recherche⁴⁶, et les laboratoires de physique subatomique de l'Université de la Colombie-Britannique utilisent la technologie des accélérateurs pour faire de la recherche en physique des particules et en physique nucléaire, y compris l'étude d'isotopes rares⁴⁷. Néanmoins, l'adaptabilité de la conception du NRU crée des possibilités pour la recherche qu'aucune autre installation canadienne ne peut offrir⁴⁸. Les installations utilisant la technologie des accélérateurs ne peuvent remplacer entièrement les réacteurs pour ce qui est de leur rôle dans la recherche nucléaire. Selon Daniel Banks, porte-parole de CREATE (Groupe de travail ad hoc des employés de Chalk River pour un laboratoire national), les installations TRIUMF et de Chalk River sont « complémentaires plutôt que concurrentielles » puisque certaines de leurs fonctions de recherche ne sont pas interchangeables. Par exemple, les réacteurs de recherche nucléaire peuvent être utilisés pour « obtenir des connaissances plus précises

44 Dominic Ryan, Institut canadien de la diffusion des neutrons, *Témoignages*, 16 juin 2009.
45 *Ibid.*
46 Christopher Heyssel, Université McMaster, *Témoignages*, 16 juin 2009.
47 Nigel Lockyer, TRIUMF, *Témoignages*, 16 juin 2009.
48 Dominic Ryan, Institut canadien de la diffusion des neutrons, *Témoignages*, 16 juin 2009.

Amérique du Nord et du recours accru aux isotopes dans les pays émergents⁴⁰. Des experts prévoient une demande ferme de technétium 99m pour environ 30 millions d'interventions au cours de la prochaine décennie⁴¹.

Certains témoins ont indiqué que l'interruption du NRU menaçait la viabilité de l'expertise canadienne en médecine nucléaire, ce qui pouvait compromettre le rôle éventuel du pays dans le domaine. Le 19 octobre 2009, le D^r Jean-Luc Urbain, président de l'Association canadienne de médecine nucléaire, a dit au Comité que « le taux de l'inscription des étudiants, principalement des technologues et des médecins, dans les sciences de la médecine nucléaire a diminué [...] et les scientifiques de l'énergie nucléaire envisagent de quitter le pays ou l'ont déjà quitté⁴² ». Le D^r Kevin Tracey, vice-président de l'Association ontarienne de médecine nucléaire, souligne que la formation des nouveaux techniciens est difficile et « une fois qu'ils quittent la collectivité, [...] ils s'en vont aux États-Unis. Les convaincre de revenir représente un défi de taille⁴³ ».

RECOMMANDATION 3 :

Compte tenu du rôle important que joue le Canada dans la production d'isotopes médicaux, le Comité recommande que le gouvernement du Canada reste en faveur d'une participation canadienne à la production d'isotopes, principalement par l'entremise du Programme de contribution financière à la production d'isotopes ne nécessitant pas de réacteur.

RECOMMANDATION 4 :

Dans l'intervalle, le Comité recommande que le gouvernement fédéral effectue une analyse coûts-avantages de la production d'isotopes et évalue les niveaux de production d'isotopes dans le futur.

RECOMMANDATION 5 :

Étant donné la nature intégrée de la chaîne d'approvisionnement d'isotopes internationale, le Comité recommande que le gouvernement fédéral continue de soutenir la coopération et le dialogue avec d'autres fournisseurs d'isotopes à l'échelle internationale, et qu'il continue d'améliorer les protocoles de communication entre les différents intervenants, y compris le public.

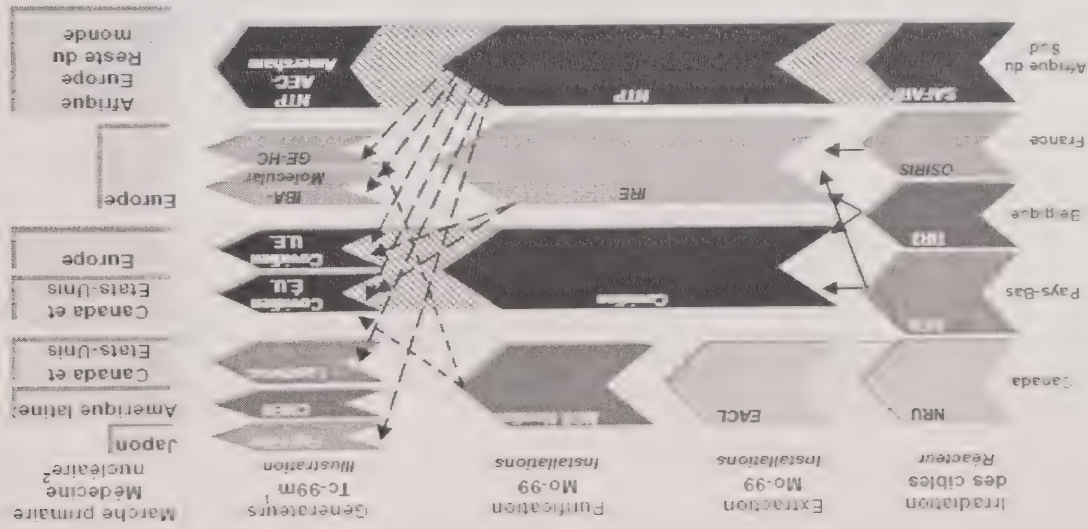
40
41
42
43

Jean Kocias, École polytechnique Montréal, *Témoignages*, 18 juin 2009.

Philippe Hébert, Covidien, *Témoignages*, 30 mars 2010, et Cyrille Villeneuve, Lantheus Imagerie Médicale, *Témoignages*, 25 mars 2010.

Jean-Luc Urbain, Association canadienne de médecine nucléaire, *Témoignages*, 19 octobre 2009.
Kevin Tracey, Association ontarienne de médecine nucléaire, *Témoignages*, 19 octobre 2009.

Figure 5 — Chaîne d'approvisionnement mondial en molybdène 99 et en technétium 99m



Source : Groupe d'experts sur la production d'isotopes médicaux.

Comme tous les réacteurs sont mis à l'arrêt à des fins de maintenance systémique, il est essentiel que les fournisseurs d'isotopes harmonisent leurs calendriers afin de maintenir l'équilibre entre l'offre et la demande mondiales³⁶. Les représentants des réacteurs du monde se réunissent aux trois mois pour planifier les interruptions et discuter de coordination afin de réduire l'impact des interruptions sur l'offre mondiale³⁷. Selon M. Robert Atcher, ex-président de l'International Society of Nuclear Medicine (SNM), le NRU est un réacteur « dont l'excédent de capacité est supérieur à celui des quatre autres réacteurs », il est ainsi capable de satisfaire « une bonne proportion du marché à approvisionner » quand un des autres grands réacteurs cesse de fonctionner³⁸. De plus, la conception du réacteur NRU permet de maximiser la production d'isotopes médicaux puisqu'il a la capacité de continuer la production en période d'entretien planifié et peut être rechargé en cibles et en carburant lorsqu'il est en opération. L'arrêt inattendu et prolongé du NRU a donc causé un grave déséquilibre dans une chaîne d'approvisionnement interdépendante³⁹.

Selon les prévisions, même si le réacteur NRU était remis en service, il faudra accroître la production d'isotopes médicaux. La demande de technétium 99m, une « technique non invasive » dont les applications ne cessent de croître, est à la hausse partout dans le monde en raison du vieillissement de la population en Europe et en

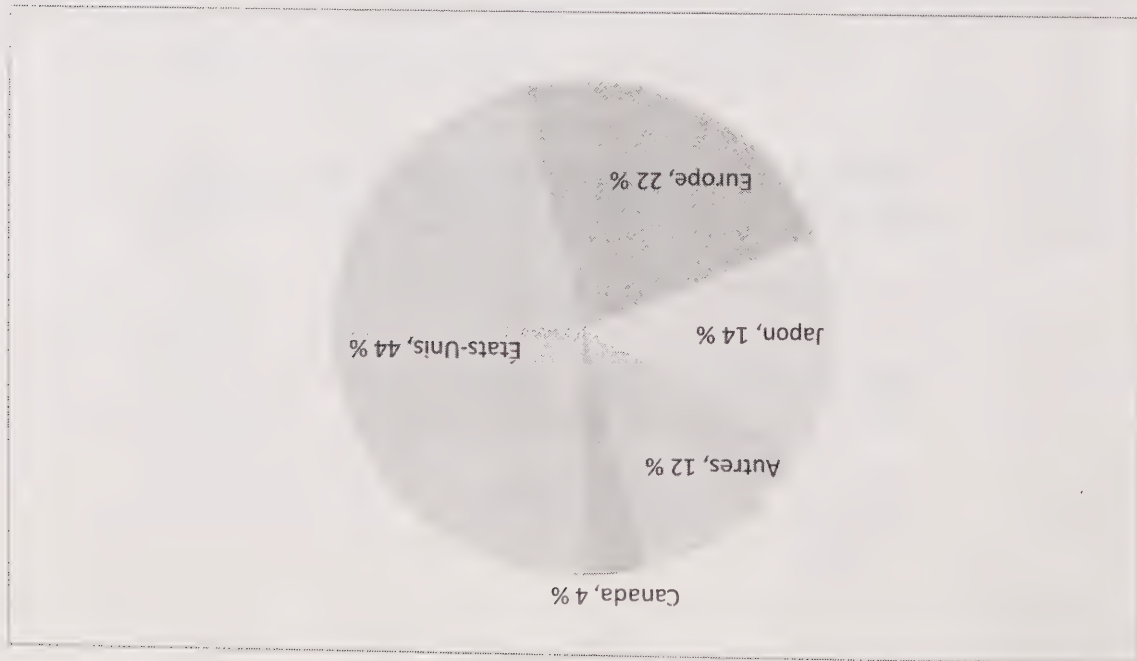
36 Ibid.

37 Richard Côté, EACL, *Témoignages*, 19 octobre 2009.

38 Robert Atcher, International SNM, *Témoignages*, 21 août 2009.

39 Serge Dupont, Ressources naturelles Canada, *Témoignages*, 2 juin 2009.

Figure 4 — Demande mondiale approximative de molybdène 99 et de technétium 99m



Remarque : Le total n'est pas égal à 100 parce que les chiffres ont été arrondis.
Source : Ressources naturelles Canada.

Il a été d'autant plus difficile de pallier la pénurie mondiale d'isotopes qu'il faut prendre tout au long de la chaîne d'approvisionnement des mesures spécifiques pour satisfaire à diverses exigences techniques et réglementaires. Après avoir été traité au réacteur NRU, le ^{99}Mo , qui a une demi-vie³⁴ d'environ 66 heures, est expédié à MDS Nordion à Kanata, à quelque 23 km au sud-ouest d'Ottawa, pour être extrait et purifié. Il doit ensuite être exporté à un fabricant de $^{99\text{m}}\text{Tc}$ aux États-Unis ou au Japon, car il n'en existe pas au Canada. Les exportations aux États-Unis nous reviennent en partie sous forme de générateurs de $^{99\text{m}}\text{Tc}$ pour nos usages médicaux. Ces générateurs ont une vie utile de 10 à 14 jours et doivent donc parvenir rapidement aux hôpitaux et aux radiopharmacies. Le $^{99\text{m}}\text{Tc}$ a lui-même une période de seulement six heures, de sorte qu'il est impossible de le stocker. Toutes les étapes de la chaîne d'approvisionnement sont assujetties à des règlements nucléaires et médicaux destinés à assurer la santé et la sécurité³⁵. La figure 5 montre la chaîne d'approvisionnement mondiale en molybdène 99 et en technétium 99m, ainsi que celle du Canada.

34

La « demi-vie » d'un isotope est le temps requis pour qu'une quantité donnée de matériel radioactif diminue de moitié en raison de la désintégration. Par exemple, le $^{99\text{m}}\text{Tc}$, dont la demi-vie est de six heures, perd la moitié de sa radioactivité toutes les six heures.

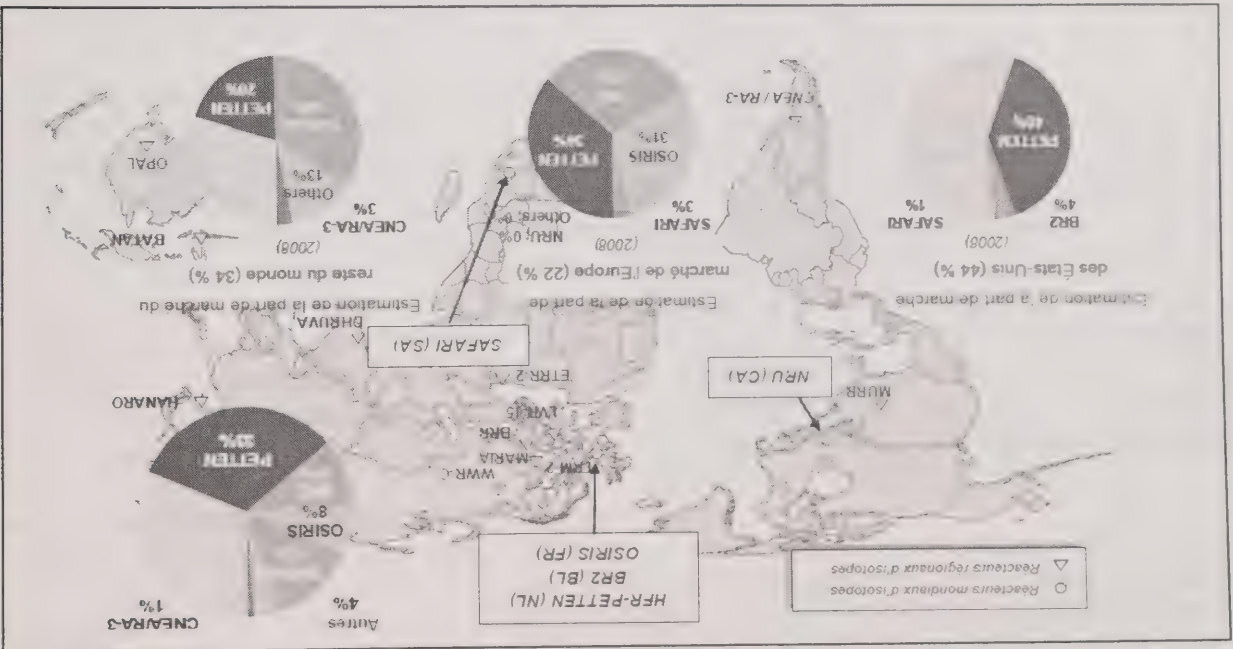
35

Serge Dupont, Ressources naturelles Canada, *Témoignages*, 2 juin 2009.

- | | |
|----|--|
| 30 | Groupe ad hoc intersectoriel de la Commission européenne concernant l'approvisionnement en radio-isotopes à usage médical. <i>Preliminary Report on Supply of Radioisotopes for Medical Use and Current Development in Nuclear Medicine</i> , 30 octobre 2009. |
| 31 | Serge Dupont, Ressources naturelles Canada, <i>Témoignages</i> , 2 juin 2009. |
| 32 | EACL, « Sciences nucléaires — Isotopes médicaux », sans date, http://www.eacl-aec.ca/Sciences/CRL-INRC/isotopes.htm |
| 33 | Robert Atcher, International Society of Nuclear Medicine, <i>Témoignages</i> , 21 août 2009. |

Source : Réponse du gouvernement du Canada au rapport du Groupe d'experts sur la production d'isotopes médicaux, mars 2010.

Selon le groupe intersectoriel ad hoc de la Commission européenne concernant l'approvisionnement en radio-isotopes à usage médical, quelque 30 millions de procédures de diagnostic fondées sur le ^{99m}Tc ont été réalisées dans le monde en 2008, dont environ 6 à 7 millions en Europe, 12 à 15 millions en Amérique du Nord, 6 à 8 millions en Asie-Pacifique (notamment au Japon), et 0,5 million dans d'autres régions³⁰. Le réacteur NRU permet habituellement de combler de 30 à 40 % de la demande mondiale³¹. Selon EACL, « [l]es isotopes médicaux produits par le NRU aident plus de 76 000 personnes, chaque jour et 27 millions de personnes chaque année dans plus de 80 pays³² ». Aux États-Unis, le NRU fournit habituellement environ 50 % des isotopes du marché de ce pays³³. La figure 4 présente la demande approximative de molybdène 99 et de technétium 99m dans le monde.

Figure 3 — Parts du marché mondial du ⁹⁹Mo en 2008

les endroits où on semble avoir eu le plus de difficulté à composer avec la pénurie sont « les petits centres urbains qui dépendent soit des petites radiopharmacies, soit d'un générateur qui est fourni à une radiopharmacie d'hôpital particulière²³ ». La pénurie a aussi entraîné des pertes économiques dans certaines régions. Par exemple, en août 2009, le coût supplémentaire direct des isotopes médicaux pour les hôpitaux et cliniques en Ontario était évalué à environ 1,7 million de dollars²⁴.

Selon le D^r McEwan, « la situation de nos patients [était] une grande source de préoccupation²⁵ ». Comme l'a expliqué le D^r Eric Turcotte, du Centre d'imagerie moléculaire de Sherbrooke, la pénurie d'isotopes variait d'une journée à l'autre, ce qui rendait particulièrement difficile de programmer les examens radiopharmaceutiques, même à l'intérieur de 24 heures²⁶. Afin de maximiser la quantité de technétium disponible pour les patients, plusieurs départements de médecine nucléaire ont eu recours à des procédures médicales alternatives (parfois moins efficaces) pour composer avec un approvisionnement réduit en ^{99m}Tc. Ils ont aussi modifié leurs horaires et dû « établir des priorités, quelquefois reporter des examens et parfois même restreindre le nombre de patients²⁷ ». Le fait de prioriser les examens selon l'urgence s'est avéré difficile et a pu, dans certains cas, représenter une question de vie ou de mort²⁸.

Cinq réacteurs d'État fournissent environ 95 % de l'approvisionnement mondial en ⁹⁹Mo : le NRU, le réacteur de Petten, aux Pays-Bas, le réacteur BR2, en Belgique, le réacteur OSIRIS, en France, et le réacteur SAFARI, en Afrique du Sud. Plusieurs autres petits réacteurs fournissent des isotopes pour usage local et régional, sans grand effet sur l'offre mondiale²⁹. La figure 3 présente la part mondiale du marché du ⁹⁹Mo par réacteur en 2008.

B. Offre et demande mondiales

23	<i>Ibid.</i> , 21 août 2009.
24	David Caplan, ministre de la Santé et des Soins à long terme, gouvernement de l'Ontario, <i>Témoignages</i> , 21 août 2009.
25	Sandy McEwan, conseiller spécial sur les isotopes médicaux pour la ministre de la Santé, à titre personnel, <i>Témoignages</i> , 21 août 2009.
26	Eric Turcotte, Centre d'imagerie moléculaire de Sherbrooke, à titre personnel, <i>Témoignages</i> , 25 mars 2010.
27	Cyrille Villeneuve, Lantheus Imagerie Médicale, <i>Témoignages</i> , 25 mars 2010.
28	Eric Turcotte, Centre d'imagerie moléculaire de Sherbrooke, à titre personnel, <i>Témoignages</i> , 25 mars 2010.
29	Serge Dupont, Ressources naturelles Canada, <i>Témoignages</i> , 2 juin 2009.

- 19 Karen Gulenchyn, Département de médecine nucléaire, Hamilton Health Sciences et St. Joseph's HealthCare Hamilton, *Témoignages*, 9 juin 2009.
- 20 Eric Turcotte, Centre d'imagerie moléculaire de Sherbrooke, à titre personnel, *Témoignages*, 25 mars 2010.
- 21 Jean-Luc Urbain, Association canadienne de médecine nucléaire, *Témoignages*, 9 juin 2009.
- 22 Sandy McEwan, conseiller spécial sur les isotopes médicaux pour la ministre de la Santé, à titre personnel, *Témoignages*, 19 août 2009.

La pénurie a été inégale au Canada, car les approvisionnementnements sont gérés par les provinces et territoires et parce que la chaîne d'approvisionnement diffère d'une région à l'autre²¹. Selon le Dr Sandy McEwan, conseiller spécial sur les isotopes médicaux pour la ministre de la Santé, Lantheus fournit plus de ^{99m}Tc dans l'Est que dans l'Ouest, où Covidien assure la quasi-totalité des approvisionnementnements²². Le Dr McEwan a ajouté que

La pénurie d'isotopes a limité le diagnostic, non les traitements. En conséquence, ce sont surtout les patients cancéreux, auxquels il faut un diagnostic précoce et fiable, qui ont été touchés¹⁹. Suivant l'arrêt du NRU, le Canada a connu une pénurie de 30 %. Elle s'est accentuée à près de 60 % lorsque le réacteur de Petten, aux Pays-Bas, a été fermé temporairement en février 2010²⁰.

Source : Ressources naturelles Canada.

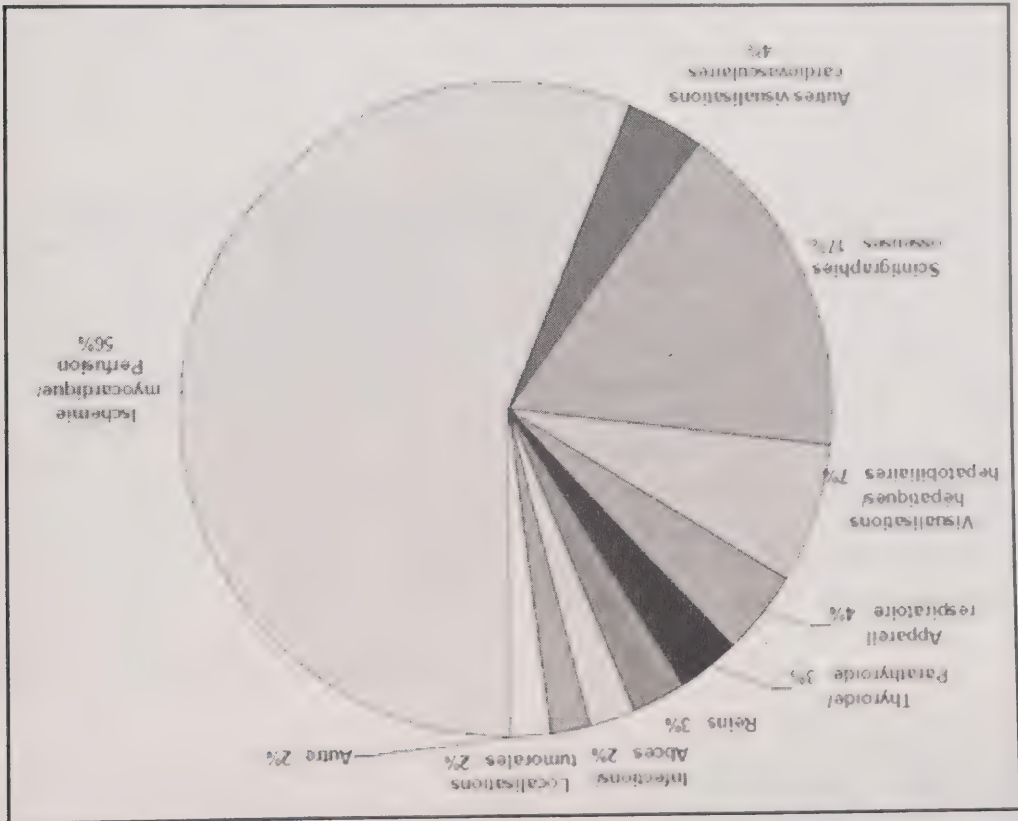


Figure 2 — Part des diagnostics de médecine nucléaire où le technétium 99m prédomine, 2006

CONSEQUENCES POUR LA MÉDECINE ET LA RECHERCHE DE L'ARRÊT DU RÉACTEUR NATIONAL DE RECHERCHE UNIVERSSEL

A. Conséquences pour la médecine

L'arrêt imprévu du réacteur NRU a occasionné une pénurie mondiale d'isotopes médicaux, surtout de molybdène ^{99}Mo , créant ainsi une situation particulièrement problématique pour la médecine. Le technétium $^{99\text{m}}\text{Tc}$, produit de désintégration du ^{99}Mo , est utilisé dans près de 82 % des injections de radiopharmaceutiques à des fins diagnostiques, principalement pour l'imagerie cardiaque, les scintigraphies osseuses servant à dépister les cancers et la scintigraphie générale des organes¹⁷. L'injection de faibles doses de radio-isotopes dans l'organisme génère une énergie qui peut être captée par un dispositif externe pour produire une image diagnostique, ce qui se traduit par un diagnostic plus rapide et plus précis que l'imagerie externe. Dans le cas du cancer, on utilise aussi les radio-isotopes à des fins thérapeutiques en les dirigeant sur des cellules cancéreuses pour que leur énergie les tue¹⁸. La figure 2 montre la prédominance du $^{99\text{m}}\text{Tc}$ dans la répartition des procédures de diagnostic en médecine nucléaire au Canada en 2006.

17

Meena Ballantyne, Direction générale des produits de santé et des aliments, Santé Canada, *Témoignages*, 2 juin 2009, et Cyrille Villeneuve, Lantheus Imagerie Médicale, *Témoignages*, 25 mars 2010.

18

Medical Isotopes, *Frequently Asked Questions*, 12 mars 2008, <http://www.medicalisotopes.org/faq.html>.

RECOMMANDATION 2 :
Le Comité recommande également que le gouvernement du Canada ordonne à EACL de produire un rapport sur les procédures d'arrêt et de réparation afin de favoriser une meilleure planification et une reprise plus rapide du service advenant un autre arrêt imprévu.

Selon Hugh MacDiarmid, président-directeur général d'EACL, plusieurs problèmes techniques liés, entre autres, à l'inspection, à l'analyse et à l'interprétation du comportement des métaux irradiés, ainsi qu'à la mesure du stress sur la structure de la cuve⁸, ont entravé les progrès des travaux sans précédent de réparation du NRU. Le rechargement du réacteur en combustible nécessitait l'approbation de la CCSN qui, selon William Pilkington, vice-président principal et agent principal du nucléaire d'EACL⁹, a été facilitée par le *Protocole de redémarrage du réacteur national de recherche universel* NRU, établissant le cadre administratif, les jalons et les normes de service pour les activités d'autorisation liées au redémarrage du réacteur NRU¹⁰.

Le réacteur NRU a 52 ans : sa cuve a été remplacée une fois seulement, entre 1972 et 1974, et la cuve actuelle, selon M. Pilkington, a été inspectée plusieurs fois et jugée en bon état pour une longue période encore¹¹. Les réacteurs peuvent être remis en état et entretenus sans durée de vie préétablie¹²; cependant, le coût d'entretien et la vulnérabilité croissent avec l'âge¹³. Le 30 mars 2010, M. MacDiarmid a expliqué au Comité que les travaux de réparation restants, devant s'étaler jusqu'à la fin de juillet 2010, coûteraient environ 44 millions de dollars de plus que les 72 millions de dollars attribués par le gouvernement fédéral dans le Budget des dépenses supplémentaires de 2009-2010¹⁴. Les travaux visent à assurer la fiabilité du fonctionnement du réacteur au-delà de 2016¹⁵. Le réacteur NRU est autorisé jusqu'en octobre 2011, mais M. MacDiarmid a indiqué que la compagnie cherche avec la CCSN à prolonger la licence jusqu'en 2016¹⁶.

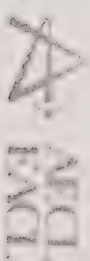
Afin d'être en mesure de bien comprendre les tenants et aboutissants de l'arrêt et de la réparation du réacteur NRU, le Comité s'est rendu à Chalk River le 13 avril 2010. Il a ainsi pu visiter les installations du réacteur NRU et des réacteurs MAPLE (Multipurpose Applied Physics Lattice Experiment).

RECOMMANDATION 1 :

Compte tenu des témoignages présentés au Comité sur l'arrêt imprévu du réacteur national de recherche universel (NRU), le Comité recommande que le gouvernement fédéral continue d'appuyer le NRU et sa remise en service, et qu'il fournisse tout le soutien nécessaire, d'ordre financier ou autre, pour assurer le renouvellement de sa licence jusqu'en 2016.

8	Hugh MacDiarmid, EACL, <i>Témoignages</i> , 30 mars 2010.
9	William Pilkington, EACL, <i>Témoignages</i> , 19 octobre 2009.
10	« EACL et la CCSN signent un http://www.nrcanada.ca/fr/accueil/projetrestart/aecclnscprotocol.aspx protocole », EACL,
11	William Pilkington, EACL, <i>Témoignages</i> , 21 août 2009.
12	Michael Binder, CCSN, <i>Témoignages</i> , 4 juin 2009.
13	Serge Dupont, Ressources naturelles Canada, <i>Témoignages</i> , 2 juin 2009.
14	Hugh MacDiarmid, EACL, <i>Témoignages</i> , 30 mars 2010.
15	William Pilkington, EACL, <i>Témoignages</i> , 19 octobre 2009.
16	Hugh MacDiarmid, EACL, <i>Témoignages</i> , 4 juin 2009.

Plan de remise en service du réacteur NRU



4

Le 14 mai 2009, une panne de courant provoque l'arrêt automatique du réacteur NRU. Par la suite, on découvre une fuite d'eau lourde, à un débit de 5 kg/h, et EACL décide de maintenir le réacteur arrêté jusqu'à ce que le problème soit réglé. La fuite résultait de la corrosion de la base de la cuve du réacteur. Dans son témoignage, EACL a indiqué que l'eau lourde écoulée a été recueillie et entreposée dans des fûts et n'a posé aucun risque pour la santé ou la sûreté du public, ni pour l'environnement⁴. Par ailleurs, la quantité de tritium rejetée dans l'atmosphère par évaporation de l'eau lourde était « bien inférieure » aux limites réglementaires de la CCSN⁵.

Après des travaux de réparation qui ont duré environ 15 mois, EACL a annoncé, le 17 août 2010, que les tests du NRU étaient terminés et que le réacteur fonctionnait maintenant « à haut régime et [pouvait] commencer à produire des isotopes médicaux ». Les premiers isotopes de molybdène 99 (⁹⁹Mo) ont été récoltés le 18 août 2010, et le 25 août, EACL a annoncé que le réacteur avait repris « la pleine production d'isotopes médicaux »⁶.

Pour remettre en service le NRU, EACL a été confrontée à un défi technique sans précédent, étant donné que toutes les activités d'inspection et de réparation de la cuve du réacteur devaient être réalisées à distance, au moyen d'outils spécialisés, par un orifice de 12 cm, à 9 m de la surface corrodée⁷. EACL a donc établi un programme en trois étapes pour le retour en service du NRU :

- 1) Évaluation de l'état du réacteur et choix d'une méthode de réparation.
 - 2) Réalisation de la stratégie de réparation.
 - 3) Remise en service du réacteur NRU « sous l'entière surveillance de la CCSN ».
- La figure 1 montre le plan de remise en service du réacteur NRU.

4	William Pilkington, EACL, <i>Témoignages</i> , 4 juin 2009.
5	Michael Binder, CCSN, <i>Témoignages</i> , 4 juin 2009.
6	Bulletins de renseignements de http://www.eacl-aec.ca/NewsRoom-f/Newsletters.htm .
7	William Pilkington, EACL, <i>Témoignages</i> , 19 octobre 2009.

EACL,

River,

Chalk

de

Canada est intervenu en adoptant un projet de loi spécial forçant la remise en service du réacteur NRU.

Le tableau 1 présente les coûts d'exploitation et d'immobilisations du réacteur NRU en 2000-2001, en 2004-2005 et en 2008-2009, selon EACL.

Tableau 1 — Dépenses d'exploitation et en immobilisations du NRU

Réel (en millions de dollars)			
2000-2001	2004-2005	2008-2009	
Dépenses d'exploitation			
Coûts de la main-d'œuvre (exploitation et contrôle, alimentation en carburant, entretien et mise à niveau, dépannage, réparation, etc.)	15,8	20,1	32,3
Autres dépenses (carburant du réacteur, matériel et équipement, gestion des déchets, etc.)	8,8	11,2	25,6
Total des dépenses d'exploitation	24,6	31,3	57,8
Total des dépenses en immobilisations (système expérimental à l'intérieur du réacteur pour quantifier le combustible du Réacteur CANDU avancé, ACR)			
-	-	7,1	
Total des dépenses	24,6	31,3	64,9

Source : Document présenté au Comité le 20 octobre 2009 par Serge Dupont, conseiller spécial du ministre des Ressources naturelles sur la politique canadienne de l'énergie nucléaire.

Avant la fermeture du réacteur NRU, le gouvernement fédéral envisageait de restructurer EACL, et plusieurs enquêtes ont été menées sur l'état général de l'industrie nucléaire. Le présent rapport se concentre sur la panne du NRU et la pénurie consécutive d'isotopes, mais ces considérations plus larges ont une incidence sur la recherche médicale et la production d'isotopes médicaux au Canada. Fondé sur des témoignages variés d'experts canadiens et étrangers, il conclut les audiences du Comité sur le sujet.

INTRODUCTION

Après l'arrêt inattendu du réacteur national de recherche universel (réacteur NRU) ontarien le 14 mai 2009, le Comité permanent des ressources naturelles de la Chambre des communes (ci-après le Comité) a tenu plusieurs réunions pour examiner les conséquences de cette interruption au Canada et dans le monde. Après environ 15 mois de travaux de réparation, le réacteur a été remis en service le 17 août 2010. Le présent rapport résume l'étude du Comité et présente des recommandations au gouvernement du Canada sur la production d'isotopes médicaux, l'approvisionnement et la recherche au Canada, notamment sur les mesures de rechange en cette matière.

Le réacteur NRU, entré en service en novembre 1957, sert à trois fins :

1) Produire des radio-isotopes médicaux et industriels utilisés pour le diagnostic et le traitement de maladies telles que le cancer et les cardiopathies.

2) Faire de la recherche sur les faisceaux de neutrons, qui ont permis des avancées dans les domaines médical, industriel et scientifique.

3) Soutenir la recherche-développement en génie pour les réacteurs nucléaires Canada Deuterium Uranium (CANDU)^{1, 2}.

Le NRU a la capacité d'être le plus important fournisseur mondial d'isotopes médicaux et est l'un des rares réacteurs du monde utilisable pour la recherche et à des fins commerciales. Il accueille chaque année plus de 200 professeurs, étudiants et chercheurs industriels et, selon Dominic Ryan, Ph. D., de l'Institut canadien de la diffusion des neutrons, il est un élément clé des « 50 ans de leadership canadien dans les domaines de la technologie et de la science nucléaires³ ». Après la fermeture du NRU, les ministres des Ressources naturelles et de la Santé ont créé le Groupe d'experts sur la production d'isotopes médicaux (ci-après le Groupe d'experts) pour examiner les idées et les projets relatifs à leur production. Le Groupe d'experts a présenté son rapport final au gouvernement le 30 novembre 2009.

Ce n'est pas la première fois que le réacteur NRU arrête inopinément. En décembre 2007, la Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN) a arrêté le réacteur à cause d'une contravention aux mesures de sûreté, ce qui a généré des craintes à l'égard d'une éventuelle pénurie mondiale d'isotopes médicaux. Le Parlement du

1 Le réacteur CANDU est un réacteur de puissance conçu au Canada qui utilise l'uranium naturel comme combustible et l'eau lourde comme modérateur et caloporteur.

2 EACL, « Sciences nucléaires — Profil du réacteur National Research Universal », sans date, <http://www.eacl-aec.ca/Sciences/CRL-f/NRU-f.htm>.

3 Dominic Ryan, Institut canadien de la diffusion des neutrons, *Témoignages*, 16 juin 2009.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	1
L'ARRÊT DU RÉACTEUR NATIONAL DE RECHERCHE UNIVERSSEL.....	3
CONSEQUENCES POUR LA MÉDECINE ET LA RECHERCHE DE L'ARRÊT DU RÉACTEUR NATIONAL DE RECHERCHE UNIVERSSEL.....	7
A. Conséquences pour la médecine.....	7
B. Offre et demande mondiales.....	9
C. Conséquences pour la recherche.....	14
AUTRES OPTIONS DE PROCÉDURES ET D'APPROVISIONNEMENT.....	17
A. Procédures médicales de rechange.....	18
B. Options d'approvisionnement du Canada.....	22
Nouveau réacteur de recherche polyvalent.....	23
Réacteurs MAPLE.....	24
Réacteur nucléaire de McMaster.....	26
Cyclotrons.....	27
Accélérateurs linéaires.....	28
Option de la photofission.....	28
Option de la transmutation du ¹⁰⁰ Mo.....	28
C. Fournisseurs hors du Canada.....	29
RÉPONSE DU GOUVERNEMENT DU CANADA À L'ARRÊT DU RÉACTEUR NATIONAL DE RECHERCHE UNIVERSSEL.....	31
ANNEXE A : LISTE DES TÉMOINS – 40 ^e législature, 2 ^e session.....	33
ANNEXE B : LISTE DES TÉMOINS – 40 ^e législature, 3 ^e session.....	37
ANNEXE C : LISTE DES MÉMOIRES – 40 ^e législature, 2 ^e session.....	39
DEMANDE DE RÉPONSE DU GOUVERNEMENT.....	41
OPINION SUPPLÉMENTAIRE DU PARTI CONSERVATEUR DU CANADA.....	43

LE COMITÉ PERMANENT DES RESSOURCES NATURELLES

a l'honneur de présenter son

DEUXIÈME RAPPORT

Conformément au mandat que lui confère l'article 108(2) du Règlement, et à la motion adoptée par le Comité le mardi 16 mars 2010, le Comité a étudié l'état du réacteur NRU et l'approvisionnement en isotopes médicaux et a convenu de faire rapport de ce qui suit :

COMITÉ PERMANENT DES RESSOURCES NATURELLES

PRÉSIDENT

Leon Benoit

VICE-PRÉSIDENTS

Nathan Cullen

Alan Tonks

MEMBRES

Cheryl Gallant

Richard M. Harris

Roger Pomerleau

Devinder Shory

Mike Allen

David Anderson

Scott Andrews

Paule Brunelle

L'hon. Denis Coderre

AUTRES DÉPUTÉS QUI ONT PARTICIPÉ

L'hon. Navdeep Bains

France Bonsant

Claude Guimond

Brad Trost

GREFFIER DU COMITÉ

Andrew Lauzon

BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

Service d'information et de recherche parlementaires

Jean-Luc Bourdages, analyste
Mohamed Zakzouk, analyste

**L'ARRÊT DU RÉACTEUR NATIONAL DE
RECHERCHE UNIVERSSEL ET L'AVENIR DE LA
PRODUCTION D'ISOTOPES MÉDICAUX ET DE LA
RECHERCHE AU CANADA**

**Rapport du Comité permanent
des ressources naturelles**

Le président

Leon Benoit, député

NOVEMBRE 2010

40^e LÉGISLATURE, 3^e SESSION



Publié en conformité de l'autorité du Président de la Chambre des communes

PERMISSION DU PRÉSIDENT

Il est permis de reproduire les délibérations de la Chambre et de ses comités, en tout ou en partie, sur n'importe quel support, pourvu que la reproduction soit exacte et qu'elle ne soit pas présentée comme version officielle. Il n'est toutefois pas permis de reproduire, de distribuer ou d'utiliser les délibérations à des fins commerciales visant la réalisation d'un profit financier. Toute reproduction ou utilisation non permise ou non formellement autorisée peut être considérée comme une violation du droit d'auteur aux termes de la *Loi sur le droit d'auteur*. Une autorisation formelle peut être obtenue sur présentation d'une demande écrite au Bureau du Président de la Chambre.

La reproduction conforme à la présente permission ne constitue pas une publication sous l'autorité de la Chambre. Le privilège absolu qui s'applique aux délibérations de la Chambre ne s'étend pas aux reproductions permises. Lorsqu'une reproduction comprend des mémoires présentés à un comité de la Chambre, il peut être nécessaire d'obtenir de leurs auteurs l'autorisation de les reproduire, conformément à la *Loi sur le droit d'auteur*.

La présente permission ne porte pas atteinte aux privilèges, pouvoirs, immunités et droits de la Chambre et de ses comités. Il est entendu que cette permission ne touche pas l'interdiction de contester ou de mettre en cause les délibérations de la Chambre devant les tribunaux ou autrement. La Chambre conserve le droit et le privilège de déclarer l'utilisateur coupable d'outrage au Parlement lorsque la reproduction ou l'utilisation n'est pas conforme à la présente permission.

On peut obtenir des copies supplémentaires en écrivant à :

Les Éditions et Services de dépôt Travaux publics et Services gouvernementaux Canada
Ottawa (Ontario) K1A 0S5

Téléphone : 613-941-5995 ou 1-800-635-7943

Télécopieur : 613-954-5779 ou 1-800-565-7757

publications@tpsgc-pwgsc.gc.ca

<http://publications.gc.ca>

Aussi disponible sur le site Web du Parlement du Canada à
l'adresse suivante : <http://www.parl.gc.ca>

40^e LÉGISLATURE, 3^e SESSION

NOVEMBRE 2010

Leon Benoit, député

Le président

**Rapport du Comité permanent
des ressources naturelles**

**L'ARRÊT DU RÉACTEUR NATIONAL DE
RECHERCHE UNIVERSSEL ET L'AVENIR DE LA
PRODUCTION D'ISOTOPES MÉDICAUX ET DE LA
RECHERCHE AU CANADA**

**CHAMBRE DES COMMUNES
CANADA**

